فلسفهٔ علوم طبیعی

کارل همپل

ترجمهٔ حسین معصومی همدانی

مرکز نشر دانشگاهی
www.iup-ir.com

شابک: ۹۶۴-۰۱-۰۴۴۹-۳

فلسفهٔ علوم طبیعی

کارل همپل

ترجمهٔ حسین معصومی‌همدانی

مرکز نشر دانشگاهی، تهران

فلسفه
۲۱

مرکز نشر دانشگاهی
۴۴۹

Philosophy of Natural Science
Carl G. Hempel
Prentice-Hall Inc., 1966

فلسفهٔ علوم طبیعی
تألیف کارل همپل
ترجمهٔ حسین معصومی‌همدانی
مرکز نشر دانشگاهی، چاپ اول ۱۳۶۹
مرکز نشر دانشگاهی، چاپ دوم ۱۳۸۰
تعداد ۲۰۰۰
حروفچینی: لاینوترون مرکز نشر دانشگاهی
لیتوگرافی: بهزاد
چاپ: محمد امین

فهرست‌نویسی پیش از انتشار کتابخانهٔ ملی جمهوری اسلامی ایران

همپل، کارل گوستاو، ۱۹۰۵ - Hempel, Carl Gustay
فلسفه علوم طبیعی / کارل همپل؛ ترجمه حسین معصومی همدانی. ــ تهران: مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۶۹.
هفت، ۱۴۷ ص. ــ (مرکز نشر دانشگاهی؛ ۴۴۹: فلسفه؛ ۲۱)
فهرستنویسی براساس اطلاعات فیپا.
عنوان اصلی: Philosophy of natural science.
واژه‌نامه.
کتابنامه به‌صورت زیرنویس.
چاپ دوم: ۱۳۸۰. ISBN 964-01-0449-3
۱.علوم-فلسفه. الف.معصومی همدانی، حسین، ۱۳۲۷- ، مترجم. ب. مرکز نشر دانشگاهی. ج. عنوان.
۵۰۱ Q۱۷۵/ ۸ف۸ه
۱۳۶۹
کتابخانهٔ ملی ایران ۲۷۹۲ - ۶۹م
محل نگهداری:

فهرست

عنوان | صفحه

بسم الله الرحمن الرحیم

مقدمهٔ مترجم

کارل گوستاو همپل در ۱۹۰۵ در اورانین بورگ[1] در آلمان به‌دنیا آمد و در دانشگاههای گوتینگن و هایدلبرگ و برلین درس خواند و درجهٔ دکترای خود را در ۱۹۳۴ از دانشگاه برلین دریافت کرد. در ابتدا ریاضیات و فیزیك می‌خواند، امّا بعداً به فلسفه روی آورد و تحت تأثیر هانس رایشنباخ و موریتس شلیك و رودلف کارناپ قرار گرفت. او عضو گروهی بود مشهور به گروه برلین که با حلقهٔ وین روابط نزدیك داشت. همپل در ۱۹۳۴ آلمان را ترك گفت و تا ۱۹۳۷ در بروکسل به تحقیق مشغول بود. سپس به آمریکا رفت و در ۱۹۴۴ به تابعیت آن کشور درآمد. از ۱۹۴۸ تا ۱۹۵۵ در دانشگاه ییل و از ۱۹۵۵ به بعد در دانشگاه پرینستون تدریس می‌کرد. آثار همپل بیشتر در منطق و فلسفهٔ ریاضیات و فلسفهٔ علم و روش شناسی است.

همپل پروردهٔ محیط فلسفی آلمانی زبان در دهه‌های سوم و چهارم این قرن است، و نه تنها در عقاید فلسفی خود از حلقهٔ وین و جریان پوزیتیویسم منطقی متأثر است، بلکه در پرورش و اصلاح و تکمیل برخی از نظریه‌های اساسی این مکتب سهم مهمی داشته است. او در مقاله‌ای که در ۱۹۴۸ به نام «مطالعاتی در منطق تبیین» نوشت، الگویی برای تبیین علمی عرضه کرد که به «الگوی قیاسی» یا «الگوی قانون فراگیرنده» معروف است. براساس این الگو، که کلیّات آن در صفحات ۶۱ تا ۶۷ کتاب حاضر آمده است وقتی می‌توانیم بگوییم رویدادی را «تبیین» کرده‌ایم که منطقاً بتوانیم آن را از چند قانون کلّی و چند گزاره که حاکی از رویدادهای سابق برآن‌اند، استنتاج کنیم. این تعبیر به مفهوم بحث‌انگیز «تبیین»، که از

1. Oranienburg

دیدگاه پوزیتیویستها همواره متضمن معانی مابعدالطبیعی بود و بنابراین از کاربرد آن ابا داشتند، معنایی می‌بخشید که به‌خوبی در چارچوب اندیشه‌های اصلی مکتب وین جای می‌گرفت. همپل چند سال پیش از آن، در ۱۹۴۲، در مقاله‌ای به نام «نقش قانونهای کلّی در تاریخ» سعی در اثبات این مدّعا کرده بود که تاریخدانان وقایع تاریخ بشری را به همان شیوه تبیین می‌کنند که علمای طبیعی رویدادهای جهان طبیعی را، یعنی تبیین رویدادهای تاریخی نیز از همان الگوی قیاسی تبعیت می‌کند و میان تاریخ (و علوم انسانی به‌طور کلی) با علوم طبیعی از حیث روش تفاوت اساسی وجود ندارد. این نوشته هم‌گام بزرگی در تنسیق و بیان اندیشهٔ «وحدت علم» بود که از مهمترین آراء، و شاید مهمترین مدعای فلاسفهٔ پیر و حلقهٔ وین است.[1]

هرچند همپل در این گونه موارد سعی کرده است که آراءِ اصلی پوزیتیویستهای منطقی را به‌نحوی آبرومندتر و پذیرفتنی‌تر عرضه کند و هرچند اندیشهٔ او در مجموع در چارچوب اندیشهٔ پوزیتیویستی جای می‌گیرد، با این حال گاهی نیز از نظر این مکتب عدول و برخی از افکار ایشان را نقد کرده است. مثلاً با اینکه او خود به مسألهٔ «معنی» داشتن عبارات فکر کرده و حتی ملاکی هم برای تشخیص بامعنی از بی‌معنی عرضه کرده که از ملاکهای اولیهٔ پوزیتیویستها وسیعتر و انعطاف‌پذیرتر است، امّا در کتاب حاضر اصلاً متعرّض این معنی نشده و، به جای وارد شدن در بحث بامعنی و بی‌معنی، برای تشخیص علم تجربی از غیرتجربی ملاك آزمون‌پذیری را اختیار کرده است.

مهمتر اینکه او غالباً و بی‌آنکه تصریح کند آزمون‌پذیری را مترادف با ابطال‌پذیری می‌گیرد، و از این جهت تأثیر کارل پوپر در او آشکار است. با این حال، به تأیید نظریه‌ها و تأییدپذیری نظریه‌ها نیز به‌همان اندازه و شاید بیشتر توجه دارد و به نوعی سعی دارد که میان این دو مفهوم و معیار ـ یعنی ابطال‌پذیری و تأییدپذیری ـ جمع کند. طبعاً کوشش او در این زمینه، که ادامهٔ کوششهای کارناپ برای تأسیس «منطق استقرایی» است، راه او را از راه پوپر و پیروان او جدا می‌کند.

تأثر همپل از افکار خارج از جریان اصلی پوزیتیویسم و توجه او به آراءِ دیگران، باعث شده است که این کتاب چندان یکجانبه نباشد و بتواند مسائل اصلی فلسفهٔ علم و آراءِ مختلفی را که در بارهٔ این مسائل بیان شده در صفحاتی کم عرضه کند. با این حال، نباید گمان

۱. این دو مقاله در کتاب زیر تجدید چاپ شده است:
Carl G. Hempel, *Aspects of Scientific Explanation...*, Mcmillan, 1965, pp. 231-295.

برد که کتاب همپل آیینهٔ تمام نمای وضع امروز فلسفهٔ علم است، زیرا در مدت بیش از سی سال که از نگارش این کتاب می‌گذرد، فلسفهٔ علم دچار دگرگونیهای وسیع و شدید شده است. رواج یافتن آراءِ پوپر، به خصوص پس از انتشار ترجمهٔ انگلیسی *منطق اکتشاف علمی* او، شکافی در میان فلاسفهٔ تجربی مسلك علم پدید آورد که نه تنها پس از آن به‌هم نیامد بلکه با انتشار کتاب مهم توماس کوهن، *ساختار انقلابهای علمی*، وسعت بیشتر یافت. همپل، به اقتضای مشرب خود، این دو کتاب را دست‌کم گرفته، پوپر را یکی از فلاسفهٔ پوزیتیویست شمرده و به کتاب کوهن نیز به چشم اثری در تاریخ علم نگاه کرده است و طبعاً کتاب او از مباحث متأخرتر هم خالی است. با این حال، این کتاب هنوز هم ارزش خود را حفظ کرده است، زیرا همهٔ آرائی که فلاسفهٔ علم چه در گذشته و چه در دهه‌های اخیر اظهار کرده‌اند به نوعی مرتبط با مسائلی است که نخستین بار در حوزهٔ فلسفهٔ تجربی علم مطرح شده است. بنابراین آشنایی با این مسائل و آراءِ مربوط به آنها گام اول در فراگیری فلسفهٔ علم است، و فهم تحولّات بعدی جز با شناخت این مسائل ممکن نیست. کتاب همپل در این زمینه مدخل خوبی است، هرچند کسانی که می‌خواهند از آن به عنوان کتاب درسی استفاده کنند باید مطالب آن را با استفاده از منابع دیگر تکمیل کنند. ایجاز این کتاب نیز اقتضا می‌کند که مدرّس به آن اکتفا نکند، به‌ویژه دو فصل اخیر کتاب که نیازمند توضیحات بسیار مفصّل است.

در ترجمهٔ فارسی، کتابنامه‌ای که «برای مطالعهٔ بیشتر» در آخر کتاب آمده بود، چون بسیار قدیمی شده و برای خوانندهٔ فارسی هم فایدهٔ چندانی ندارد، حذف شده است. واژه‌نامهٔ فارسی ـ انگلیسی آخر کتاب حاوی اصطلاحات اساسی فلسفهٔ علم است که در این کتاب به‌کار رفته است. در این واژه‌نامه از آوردن واژه‌های نسبتاً ساده و رایج هم خودداری نشده است تا شاید از این راه وحدتی در اصطلاحات این علم پدید بیاید و تشتتی که معمولاً در نوشته‌های علمی فارسی وجود دارد دامنگیر این علم نوپا نشود.

و آخر دعوینا ان الحمدلله رب العالمین

حسین معصومی همدانی

۱

دامنه و هدف این کتاب

شاخه‌های مختلف تحقیق علمی را به دو گروه مهم می‌توان تقسیم کرد: علوم تجربی و علوم غیرتجربی. کار علوم تجربی تحقیق در رویدادهای جهانی که در آن زندگی می‌کنیم و توصیف و تبیین و پیشگویی این رویدادهاست و بنابراین باید اقوال آنها را به مَحَك واقعیت تجربی زد و در صورتی پذیرفت که شواهد تجربی تأییدشان کنند. شواهد تجربی را از راههای مختلف می‌توان به دست آورد: آزمایش، مشاهدهٔ منظم، مصاحبه یا پیمایش، آزمونهای روانی یا بالینی، وارسی دقیق اسناد و سنگنوشته‌ها و سکه‌ها و آثار باستانی و غیره. وابستگی به شواهد تجربی علوم تجربی را از علوم غیرتجربی، یعنی ریاضیات محض و منطق، جدا می‌کند. قضایای علوم اخیر را بدون استناد به یافته‌های تجربی می‌توان ثابت کرد.

علوم تجربی را نیز اغلب به علوم طبیعی و علوم اجتماعی تقسیم می‌کنند، اما معیار این تفکیك به هیچ وجه مانند معیار تفکیك علوم تجربی از غیر تجربی روشن نیست، و در مورد حدفاصل این علوم توافق عام وجود ندارد. معمولاً علوم طبیعی را شامل فیزیك، شیمی، زیست‌شناسی و علوم واسط میان آنها و علوم اجتماعی را شامل جامعه‌شناسی، علوم‌سیاسی، مردم‌شناسی، اقتصاد، تاریخنگاری و رشته‌های وابسته بدانها می‌دانند. روان‌شناسی را گاهی جزو این گروه می‌دانند و گاهی جزو آن گروه، و بسیاری می‌گویند که به هر دو گروه تعلق دارد.

در این سلسله، فلسفهٔ علوم طبیعی و فلسفهٔ علوم اجتماعی هر یك در کتاب

جداگانه‌ای بررسی شده است. جداکردن این مباحث از هم به دلایل عملی بوده، تا دربارهٔ حوزهٔ وسیع فلسفهٔ علم بحث کافی به عمل آید، و با این کار به هیچ وجه نمی‌خواسته‌ایم در این باره حکم کنیم که آیا این تفکیك اهمیت اصولی دارد یا نه، یعنی آیا علوم اجتماعی از حیث موضوع، هدف، روش، و مقدمات با علوم طبیعی اختلاف اساسی دارند یا نه. بسیاری به وجود چنین اختلافهایی معتقداند و در تأیید نظر خود دلایل جالب گوناگونی عرضه کرده‌اند. برای بررسی کامل این دلایل باید، گذشته از علوم طبیعی، علوم اجتماعی را هم بدقت تحلیل کرد، و این کار از حوصلهٔ این کتاب بیرون است. با این حال، ضمن بحث خود تا حدودی این مسأله را روشن خواهیم کرد، زیرا هنگام بررسی فلسفهٔ علوم طبیعی گاهی به قصد مقایسه نظری هم به علوم اجتماعی خواهیم افکند، و خواهیم دید که بسیاری از آنچه دربارهٔ روشها و مفاهیم اساسی تحقیق علمی معلوم کرده‌ایم، در مورد علوم اجتماعی هم مانند علوم طبیعی صادق است. بنابراین در بیشتر موارد واژه‌های «علم» و «علمی» را به معنایی به کار می‌بریم که سراسر حوزهٔ علوم تجربی را در برمی‌گیرد، امّا هر جا که وضوح مطلب اقتضا کند قید خواهیم کرد که منظورمان کدام شاخه از علوم تجربی است.

منزلت والایی را که علم امروزه کسب کرده است تا اندازهٔ زیادی می‌توان ناشی از پیروزیهای چشمگیر و گسترش روز افزون دامنهٔ کاربردهای آن دانست. بسیاری از شاخه‌های علوم تجربی برای فنون وابسته به خود پایه‌ای فراهم می‌آورند، این فنون از نتایج تحقیق علمی استفادهٔ عملی می‌کنند و خود نیز برای تحقیقات محض یا بنیادی داده‌های نو، مسائل نو، و ابزارهای جدید تحقیق فراهم می‌آورند.

اما علم گذشته از اینکه آدمی را در مهار کردن محیط خود یاری می‌دهد، به یك نیاز دیگر انسان نیز، که نیازی بی‌چشمداشت و در عین حال عمیق و همیشگی است، پاسخ می‌دهد، یعنی نیاز انسان به اینکه جهانی را که در آن زندگی می‌کند هر چه وسیعتر و عمیقتر بشناسد و درك کند. در فصلهای بعد، خواهیم دید که چگونه می‌توان به این هدفهای اصلی تحقیق علمی دست یافت؛ خواهیم دید که دانش علمی چگونه به دست می‌آید، چگونه تقویت می‌شود، و چگونه دگرگون می‌گردد؛ خواهیم دید که علم چگونه واقعیات تجربی را تبیین می‌کند، و از این تبیینها چه نوع درکی عاید ما می‌شود؛ وضمن این بحثها به برخی از مسائل کلیتر نیز که به مقدمات و محدودیتهای پژوهش علمی، معرفت علمی، و درك علمی مربوط می‌شود به اجمال خواهیم پرداخت.

۲

پژوهش علمی: ابداع و آزمون

۱.۲ بررسی یك مورد به عنوان نمونه

برای اینکه برخی از مهمترین جنبه‌های پژوهش علمی را به صورتی ساده نمایش دهیم، به بررسی پژوهش زمل‌وایز دربارهٔ تب زایمان می‌پردازیم. این پژوهش را ایگناز زمل‌وایز[1]، که پزشکی مجارستانی بود، در فاصلهٔ سالهای ۱۸۴۴ تا ۱۸۴۸ در بیمارستان عمومی وین انجام داد. وی که از پزشکان بیمارستان بود از اینکه می‌دید بسیاری از زنانی که در بخش اول زایمان نوزاد خود را به دنیا می‌آورند به بیماری خطرناکی به نام تب زایمان دچار می‌شوند، و اغلب از آن جان سالم به در نمی‌برند، بسیار ناراحت بود. درسال ۱۸۴۴ از میان ۳۱۵۷ زائوی بخش اول ۲۶۰ نفر، یعنی ۸ر۲ درصد آنها، به این بیماری مردند. در سال ۱۸۴۵ میزان مرگ‌ومیر ۶ر۸ درصد و درسال ۱۸۴۶، ۱۱ر۴ درصد بود. چیزی که باعث نگرانی بود این بود که در بخش دوم زایمان همان بیمارستان، که پهلوی بخش اول بود و تعداد بیمارانش هم به همان اندازه بود، میزان مرگ‌ومیر از تب زایمان بسیار کمتر بود، و در همان سالها بترتیب از ۲ر۳ و ۲ر۰ و ۲ر۷ تجاوز نمی‌کرد. زمل‌وایز در کتابی که بعدها دربارهٔ سبب‌یابی و راههای پیشگیری از تب زایمان نوشت، کوششهای خود را در راه‌حل این معمای معضل شرح داده است.[2]

---

1. Ignaz Semmelweis

۲. داستان پژوهش زمل‌وایز و مشکلاتی که بر سر راه او بود، فصل هیجان‌انگیزی از تاریخ پزشکی است.

وی کار خود را با بررسی تبیینهایی که در آن زمان رایج بود، آغاز کرد. برخی از این تبیینها را با واقعیات مُسَلَّم ناسازگار دید و فوراً رد کرد و برخی دیگر را به محك آزمونهای خاص زد.

یکی از نظرهایی که بسیار مقبول بود، علت تب زایمان را «آثار واگیر» می‌دانست و این آثار را با عباراتی گُنگ به صورت یك نوع «تغییرات مرموز جوی و کیهانی» وصف می‌کرد که سایهٔ خود را بر سراسر آن نواحی گسترده است و زنان بستری را به بیماری تب زایمان دچار می‌کند. اما زمل‌وایز می‌گفت که چرا چنین آثاری سالها در بخش اول زایمان کشتار کرده، اما بخش دوّم از آن در امان مانده است؟ و چگونه می‌توان این نظر را پذیرفت درحالی که در عین شیوع بیماری در بیمارستان حتی یك مورد ابتلا بدان در سراسر شهر وین وحومهٔ آن دیده نشده است؟ بیماریهای واگیر واقعی، مثل حصبه، قربانیان خود را این چنین دست‌چین نمی‌کنند. نکتهٔ آخری که زمل‌وایز متذکر شد این بود که بسیاری از زنانی که برای زایمان عازم بیمارستان بودند در راه به درد زایمان دچار می‌شدند و در همان میان راه وضع حمل می‌کردند، اما با وجود این شرایط نامساعد، میزان مرگ و میر در میان این گونه «زائوهای خیابانی» از میانگین میزان مرگ و میر در بخش اول کمتر بود.

نظر دیگر، شلوغی بیش از حد را از علل مرگ‌ومیر در بخش اول می‌دانست. اما زمل‌وایز می‌گوید که در واقع بخش دوم شلوغتر از بخش اول بوده است، زیرا بیماران نهایت سعی خود را می‌کردند تا در بخش اول، که بدنام شده بود، بستری نشوند. وی دو حدس دیگر را هم که آن روزها رایج بوده رد می‌کند، و می‌گوید که از لحاظ وضع غذا و مراقبتهای عمومی از بیماران میان دو بخش تفاوتی نبوده است.

در ۱۸۴۶، هیأتی که برای رسیدگی به این مسأله تشکیل شده بود، علت شیوع

گزارش مفصل این داستان که قطعات بزرگی از نوشته‌های زمل‌وایز را هم، به صورت ترجمه یا نقل به معنی، شامل است، در اثر زیر آمده است:

W. J. Sinclair, *Semmelweis: His Life and His Doctrine* (Manchester, England: Manchester University Press, 1909).

منقولات مختصر این فصل از این کتاب گرفته شده است. مراحل اصلی کار زمل‌وایز در فصل اول از اثر زیر نقل شده است:

P. de Kruif, *Men Against Death* (New York: Harcourt, Brace & World, Inc., 1932).

بیماری را در بخش اول معاینهٔ سطحی بیماران توسط دانشجویان پزشکی دانست، که همگی در بخش اول در زمینهٔ بیماریهای زنان و زایمان تعلیم می‌دیدند. زمل‌وایز در رد این نظر می‌گوید که (الف) جراحاتی که طبعاً هنگام زایمان پدید می‌آید بمراتب وسیعتر از جراحاتی است که احتمالاً در اثر معاینهٔ سطحی ایجاد می‌شود؛ (ب) ماماهایی که در بخش دوم تعلیم می‌دیدند بیماران خود را تقریباً به همان شیوه معاینه می‌کردند، بی‌آنکه چنین نتایج سوئی به بار آید؛ (ج) وقتی که در نتیجهٔ گزارش هیأت عدهٔ دانشجویان را نصف کردند و معاینات آنها را به حداقل رساندند، میزان مرگ‌ومیر ابتدا مدت کمی کاهش یافت اما بعداً بالا رفت و از حد پیشین هم در گذشت.

کوششهای متعددی هم می‌شد که بیماری را از راه روانی توضیح دهند. مثلاً می‌گفتند ساختمان بخش اول طوری است که کشیشی که زنهای محتضر را در دم مرگ تبرّك می‌کند باید بیش از رسیدن به‌اطاق بیمار از داخل بخش بگذرد. می‌گفتند قیافهٔ کشیش، درحالی که یك نفر پیشاپیش او راه می‌رود و زنگی را به صدا در می‌آورد، بیماران را به وحشت می‌اندازد و احتمال ابتلای آنها را به تب زایمان بالا می‌برد. در بخش دوم این عامل نامساعد وجود نداشت، زیرا در آنجا کشیش مستقیماً به اتاق بیماران دسترسی داشت. زمل‌وایز تصمیم گرفت که این حدس را به محك آزمون بزند. به کشیش توصیه کرد که از راهی دیگر بیاید و زنگ را هم به صدا در نیاورد، تا آرام و بی‌آنکه کسی متوجه او شود به‌اطاق بیماران برسد. با این حال میزان مرگ و میر در بخش اول پایین نیامد.

زمل‌وایز مشاهده کرد که در بخش اول زنان را هنگام زایمان به پشت می‌خوابانند، اما در بخش دوم درحالی که به پهلو درازکشیده‌اند بچهٔ خود را به دنیا می‌آورند، و از این مشاهده فکر جدیدی به ذهنش راه یافت. با اینکه فکر نمی‌کرد که این امر تأثیری در ابتلا به تب زایمان داشته باشد «مثل غریقی که به هر خس و خاشاکی چنگ می‌زند» تصمیم گرفت که این موضوع را بیازماید. وضعیت درازکشیدن به پهلو را در بخش اول مرسوم کرد، اما این بار هم میزان مرگ‌ومیر تغییری نکرد.

سرانجام، در اوایل سال ۱۸۴۷، حادثه‌ای رخ داد که سرنخ اصلی حل مسأله را به دست زمل‌وایز داد. یکی از همکارانش به نام کولچکا[3]، هنگامی که مشغول

---

3. Kolletschka

کالبدشکافی بود، دستش را با چاقوی جرّاحی یکی از دانشجویان برید، و در اثر ابتلا به بیماری دردناکی درگذشت، و علائمی که زملوایز هنگام بیماری او می‌دید با علائمی که در قربانیان تب زایمان مشاهده کرده بود یکی بود. گرچه نقش موجودات ذره‌بینی در این گونه بیماریها در آن زمان شناخته نبود، زملوایز دریافت که «مادهٔ مرده»ای که از چاقوی دانشجو به جریان خون کولچکا وارد شده عامل مرگ او بوده است، و از شباهتهایی که میان بیماری او و بیماری زائوهای کلینیك خود می‌دید نتیجه گرفت که بیماران او هم از همان مسمومیت خونی مرده‌اند؛ دریافت که او و همکارانش و دانشجویان پزشکی ناقل مادهٔ بیماریزا بوده‌اند، زیرا مستقیماً از اطاق تشریح به بخش می‌آمدند و پس از اینکه دست خود را سرسری می‌شستند و در حالی که هنوز دستشان بوی بدی می‌داد زائوها را معاینه می‌کردند.

در این مورد هم زملوایز فکر خود را به محك آزمون زد. با خود گفت که هرگاه نظرش درست باشد، اگر مادهٔ بیماریزایی را که به دست چسبیده از راه شیمیایی از بین ببرند از تب زایمان هم جلوگیری می‌شود. بنابراین دستور داد که دانشجویان پیش از معاینه دست خود را در محلولی از آهك کلر زده بشویند. میزان مرگ و میر در اثر تب زایمان به سرعت پایین آمد، و در سال ۱۹۴۸ مقدار آن در بخش اول به ۱٫۲۷ درصد رسید درحالی که در بخش دوم ۱٫۳۳ بود.

زملوایز در پشتیبانی از نظر خود، یا به اصطلاح دیگر *فرضیهٔ* خود، می‌گوید که این نظر پایین بودن همیشگی میزان مرگ و میر را در بخش دوم هم توضیح می‌دهد. در آن بخش ماماها به بالین زائوها می‌رفتند و یادگیری آناتومی از راه تشریح اجساد جزو برنامهٔ درسی آنها نبود.

این فرضیه پایین بودن میزان مرگ و میر را در میان «زائوهای خیابانی» هم توضیح می‌داد: زنانی که بچه به بغل به بیمارستان می‌رسیدند معمولاً پس از پذیرش کمتر معاینه می‌شدند و بنابراین احتمال مبتلا شدنشان به بیماری هم کمتر بود.

همچنین فرضیهٔ او این را هم توضیح می‌داد که چرا قربانیان تب زایمان در میان نوزادان معمولاً کسانی بودند که مادرانشان هنگام زایمان به این بیماری مبتلا شده بودند، زیرا در این هنگام بیماری از طریق جریان خون مشترك مادر و بچه به کودك که هنوز در شکم مادر است منتقل می‌شود؛ اما اگر مادر سالم باشد این امر امکان ندارد. تجارب بالینی بعدی باعث شد که زملوایز فرضیهٔ خود را وسیعتر کند. مثلاً در یك

مورد او و دستیارانش پس از اینکه دستهای خود را خوب ضدعفونی کردند زنی را که به سرطان دهانهٔ رحم مبتلا بود معاینه کردند و سپس دستهای خود را به طور معمولی شستند بی آنکه دوباره ضدعفونی کنند، آنگاه دوازده زن دیگر را که در همان اطاق بودند معاینه کردند. از آن دوازده زن یازده نفر از تب زایمان مردند. زملوایز نتیجه گرفت که تب زایمان علاوه بر مادهٔ مرده از «مادهٔ عفونیی که از موجود زنده جدا شود» هم به وجود می‌آید.

۲.۲ گامهای اصلی آزمودن فرضیه

دیدیم که زملوایز برای یافتن علت تب زایمان، فرضیه‌های مختلفی را که در پاسخ به این پرسش پیشنهاد شده بود به محك آزمون زد. نحوهٔ دست یافتن به این فرضیه‌ها خود موضوع جالبی است که بعداً به آن خواهیم پرداخت. فعلاً این مسأله را بررسی می‌کنیم که وقتی فرضیه‌ای پیشنهاد شد چگونه آزموده می‌شود.

گاهی روش کار کاملاً مستقیم است. مثلاً این حدسها را در نظر بگیرید که اختلاف میزان مرگ و میر در دو بخش، ناشی از شلوغی، وضع غذا، یا مراقبتهای عمومی است. چنانکه زملوایز گفته است، این نظرها با واقعیاتی که بسهولت مشاهده می‌شود تناقض دارند. چون میان دو بخش از این جهات اختلافی وجود ندارد، غلط بودن این فرضها معلوم می‌شود و کنارشان می‌گذاریم.

اما معمولاً آزمون به این سادگی و سرراستی نیست. مثلاً فرضیه‌ای را که علت بالا بودن میزان مرگ و میر در بخش اول را وحشت از قیافهٔ کشیش و همراه او می‌داند در نظر بگیرید. به خلاف تفاوت شلوغی و وضع غذا، شدّت این وحشت و بویژه تأثیر آن را در تب زایمان نمی‌توان مستقیماً دریافت، و از این رو زملوایز به روش آزمون غیرمستقیم متوسل شد. وی از خود پرسید: اگر این فرضیه درست باشد، آیا درست بودن آن هیچ پدیده‌ای را که به‌آسانی مشاهده‌پذیر باشد در پی دارد؟ و آنگاه با خود استدلال کرد: *هرگاه* این فرضیه درست باشد، *آنگاه* تغییر روش کشیش کاهش مرگ و میر را در پی خواهد داشت. وی این استلزام را با آزمایش ساده‌ای آزمود و آن را نادرست یافت، و بنابراین فرضیه را رد کرد.

همچنین برای اینکه حدس خود را در مورد وضع زنان هنگام زایمان بیازماید استدلال کرد: *اگر* این حدس درست باشد، *آنگاه* استفاده از روش دراز کشیدن به پهلو

در بخش اول میزان مرگ و میر را کاهش خواهد داد. در این مورد هم، آزمایش نادرست بودن استلزام را نشان داد و بی‌اعتباری فرضیه معلوم شد.

در دو مورد اخیر، آزمون بر استدلالی مبتنی است به این مضمون: هرگاه فرضیهٔ ما، مثلاً H، درست باشد، آنگاه برخی رویدادهای مشاهده‌پذیر (مثلاً، کاهش مرگ‌ومیر) در شرایط معینی (مثلاً اگر کشیش از آمدن به داخل بخش دست بردارد، یا اگر زنان موقع زایمان به پهلو بخوابند) رخ خواهد داد. به عبارت مختصر، هرگاه H درست باشد، آنگاه I هم درست است؛ I عبارتی است که رویداد مشاهده‌پذیری را که وقوع آن را باید انتظار داشت بیان می‌کند. محض سهولت می‌گوییم که I از H استنتاج می‌شود، یا H مستلزم I است و I را یکی از *نتایج آزمودنی* فرضیهٔ H می‌نامیم. (بعداً رابطهٔ I را با H دقیقتر بیان خواهیم کرد.)

در دو مورد اخیر، آزمایش نشان می‌دهد که نتیجهٔ آزمودنی غلط است و، بنابراین، فرضیه رد می‌شود. طرح کلی استدلالی را که به رد فرضیه می‌انجامد به صورت زیر می‌توان نشان داد:

[۲ الف]
هرگاه H صادق باشد، آنگاه I هم صادق است.
اما (شواهد نشان می‌دهند که) I صادق نیست.

H صادق نیست.

هر استدلالی به این صورت، که در منطق قاعدهٔ *رفع تالی* نامیده می‌شود، اعتبار قیاسی دارد، یعنی اگر مقدمات آن (جمله‌های بالای خط افقی) صادق باشند، نتیجهٔ آن (جملهٔ زیر خط افقی) نیز همواره صادق است. بنابراین اگر درستی مقدمات (۲ الف) بخوبی معلوم شده باشد، فرضیهٔ H که در دست آزمون است باید رد شود.

حالا به بررسی حالتی می‌پردازیم که نتیجهٔ آزمودنی I در مشاهده یا آزمایش حاصل شود. زمل‌وایز فرض کرد که تب زایمان نوعی مسمومیت خونی است که از مادهٔ مرده‌به‌وجود می‌آید، و از این فرضیه چنین استنتاج کرد که با استفاده از ضدعفونی‌کننده‌های مناسب می‌توان مرگ‌ومیر از این بیماری را کاهش داد. در این مورد، آزمایش درستی نتیجهٔ آزمودنی را نشان می‌دهد، اما این پیشامد مساعد درستی فرضیه را به صورت قاطع ثابت نمی‌کند، زیرا استدلال صورت زیر را دارد:

[۲ ب]
هرگاه H صادق باشد، آنگاه I هم صادق است.
(چنانکه شواهد نشان می‌دهد) I صادق است.

H صادق است.

و این نحوهٔ استدلال، که به *مغالطهٔ وضعِ تالی* معروف است، اعتبار قیاسی ندارد، یعنی ممکن است مقدمات آن صادق باشند ولی نتیجه‌اش صادق نباشد. این نکته را تجربهٔ خود زمل‌وایز هم نشان می‌دهد. در ابتدا وی تب زایمان را نوعی مسمومیت خونی می‌شمرد و علت آن را، فقط و فقط، آلودگی به مادهٔ مرده می‌دانست، و به‌درستی استدلال می‌کرد که اگر این فرضیه درست باشد، آنگاه از بین بردن ذرّات مرده با مواد ضدعفونی‌کننده میزان مرگ‌ومیر را کاهش خواهد داد. علاوه بر این، آزمایش او درستی این نتیجهٔ آزمودنی را نشان داد. بنابراین، در این حالت، هر دو مقدمهٔ (۲ ب) درست بودند. با این حال فرضیهٔ او غلط بود، زیرا چنانکه خودش هم بعداً پی برد، مادهٔ عفونی جدا شده از موجودات زنده هم ممکن است باعث تب زایمان شود.

بنابراین، مساعد بودن نتیجهٔ آزمون، درستی فرضیه را ثابت نمی‌کند. یعنی اگر یکی از نتایج آزمودنی که از یك فرضیه استنتاج می‌شود درست باشد، درستی آن فرضیه ثابت نمی‌شود. حتی اگر درستی بسیاری از نتایج فرضیه‌ای از راه آزمونهای دقیق ثابت شود، باز هم ممکن است آن فرضیّه غلط باشد. در استدلال زیر نیز مغالطهٔ وضع تالی دیده می‌شود:

[۲ ج]
هرگاه H صادق باشد، آنگاه I_1، I_2،...، I_n هم صادق‌اند.
(چنانکه شواهد نشان می‌دهند) I_1، I_2،...، I_n همه صادق‌اند.

H صادق است.

این نکته را هم با توجه به فرضیهٔ نهایی زمل‌وایز، به صورت اولیهٔ آن، می‌توان دریافت. چنانکه قبلاً تذکر دادیم، از فرضیهٔ او این نتیجهٔ آزمودنی به دست می‌آید که در میان زائوهای خیابانی که در بخش اول پذیرفته می‌شوند میزان مرگ و میر در اثر تب زایمان باید کمتر از میانگین مرگ و میر در بخش باشد، و نیز نوزادان مادرانی که از این بیماری در امان می‌مانند به تب زایمان دچار نمی‌شوند و دیدیم که درستی این دو فرض را هم شواهد نشان داد، و در عین حال فرضیهٔ نهایی او، به صورت اولیه‌اش، غلط بود.

اما از این مسأله، که مساعد بودن نتیجهٔ آزمونهای بسیار دلیل درستی فرضیه

نمی‌شود، نباید نتیجه گرفت که اگر فرضیه‌ای را به محك چند آزمون بزنیم و همهٔ آن آزمونها نتایج مساعد داشته باشند، وضع با حالتی که اصلاً آن فرضیه را نیازموده باشیم فرق نمی‌کند. زیرا می‌توان تصور کرد که ممکن است هر یك از آن آزمونها نتیجهٔ نامساعدی داشته باشد که به کنار نهادن آن فرضیه منجر شود. مجموعه‌ای از نتایج مساعد که از آزمودن نتایج آزمودنی I_1، I_2، ... ، I_n یك فرضیه حاصل می‌شود نشان می‌دهد که تا آنجا که به این نتایج خاص مربوط می‌شود آن فرضیه سالم از کار درآمده است؛ و گرچه این نتیجه آن فرضیه را به صورت کامل اثبات نمی‌کند، دست کم تا حدودی از آن پشتیبانی می‌کند، یعنی آن را تا اندازه‌ای تقویت و تأیید می‌کند. دامنهٔ این پشتیبانی به جنبه‌های مختلف آن فرضیه و داده‌های آزمودنی ما وابسته است. این موضوع را در فصل ۴ بررسی خواهیم کرد.

اکنون به بررسی مثال دیگری می‌پردازیم که توجه ما را به جنبه‌های دیگری در پژوهش علمی جلب خواهد کرد.[۴]

در زمان گالیله، و شاید مدتها پیش از او، مردم می‌دانستند که تلمبهٔ مکشی معمولی، که آب را با حرکت پیستونی در داخل بدنهٔ تلمبه بالا می‌کشد، نمی‌تواند آب را تا ارتفاع بیش از ۱۰ متر از سطح چاه بالا بیاورد. محدودیت این مقدار باعث تحیّر گالیله بود، و وی توجیهی برای آن ارائه کرد که البته غلط بود. پس از مرگ گالیله، شاگرد وی توریچلّی پاسخ دیگری به این مسأله داد. استدلال او این بود که زمین را اقیانوسی از هوا احاطه کرده است. هوا دارای وزن است و به این جهت بر سطحی که زیرش قرار دارد فشار وارد می‌کند. وقتی که پیستون را بالا می‌بریم این فشار که بر سطح چاه وارد می‌شود آب را در داخل تلمبه به بالا می‌راند. بنابراین، ارتفاع بیشینهٔ ۱۰ متر منعکس‌کنندهٔ فشار کل هوا بر سطح چاه است.

روشن است که درستی این نظر را نمی‌توان با مشاهده یا تحقیق مستقیم معلوم کرد،

۴. گزارش کاملتر این موضوع در فصل چهارم کتاب زیر آمده است:
J. B. Conant, *Science and Common Sense* (New Haven: Yale University Press, 1951).
نامه‌ای از توریچلی که در آن به شرح فرضیهٔ خود و آزمون آن پرداخته، وگزارش یك شاهد عینی از آزمایش پوی دو دوم در کتاب زیر به چاپ رسیده است:
W. F. Magie, *A Source Book in Physics* (Cambridge: Harvard University Press, 1963), pp. 70-75.

و توریچلی هم آن را به صورت غیر مستقیم آزمود. وی استدلال کرد که اگر حدسش درست باشد، آنگاه فشار هوا باید ستونی از جیوه را، که ارتفاعش متناسب با ارتفاع آب اما کمتر از آن باشد، نگاه دارد. در واقع، چون وزن مخصوص جیوه حدود ۱۴ برابر آب است، ارتفاع ستون جیوه باید در حدود ۱۴/۱۰ متر، یعنی در حدود ۷۰ سانتی متر باشد. وی این نتیجهٔ آزمودنی را با یك وسیلهٔ ساده و در عین حال هوشمندانه آزمود، که در واقع همان فشارسنج جیوه‌ای است. به جای چاه آب از یك تشتك روباز که محتوی جیوه است استفاده می‌کنیم و به جای بدنهٔ تلمبه یك لولهٔ شیشه‌ای را که یك سرش بسته است به کار می‌بریم. لوله را کاملاً از جیوه پر می‌کنیم و سرِ باز آن را با قرار دادن انگشت خود محکم می‌بندیم. سپس آن را وارونه می‌کنیم و سرِ بازرا در تشتك جیوه فرو می‌بریم و انگشت خود را برمی‌داریم. در این حالت، همان طور که فرضیهٔ توریچلی پیش‌بینی کرده بود، ستون جیوه پایین می‌آید تا ارتفاع آن به حدود ۷۰ سانتی متر می‌رسد.

پاسکال به یك نتیجهٔ آزمودنی دیگر این فرضیه پی برد. وی استدلال کرد که اگر وزن جیوهٔ داخل ستون با وزن هوای بالای تشتك در تعادل باشد، آنگاه با افزایش ارتفاع باید ارتفاع ستون جیوه کاهش یابد، زیرا وزن هوای بالای تشتك کمتر می‌شود. به درخواست پاسکال، شوهر خواهرش پریه[5] این نتیجهٔ را آزمود. وی ارتفاع جیوه را در فشارسنج توریچلی در دامنهٔ کوه پوی دودُوم[6] که ارتفاعش در حدود ۱۲۰۰ متر است اندازه گرفت و سپس دستگاه را با احتیاط تمام به بالای کوه برد و اندازه‌گیری را در آنجا تکرار کرد. در این حال یك فشارسنج را به عنوان گواه در پایین کوه نزد دستیار خود گذاشت. پریه دریافت که ارتفاع ستون در بالای کوه بیش از ۷ سانتی متر از ارتفاع آن در دامنهٔ کوه کمتر است، اما ارتفاع فشارسنج گواه در طول روز ثابت مانده است.

۳.۲ نقش استقراء در تحقیق علمی

تا اینجا چند تحقیق علمی را بررسی کردیم، در این تحقیقها برای حل مسأله‌ای جوابهای موقتی به صورت فرضیه‌هایی داده می شد و سپس فرضیه‌ها با استخراج

5. Périer 6. Puy-de-Dôme

نتایج آزمودنی مناسب از آنها و آزمودن این نتایج از راه آزمایش یا مشاهده، امتحان می‌شد.

اما ما از ابتدا چگونه به فرضیات مناسب دست می‌یابیم؟ گروهی معتقدند که فرضیات از داده‌هایی که قبلاً گرد آمده به طریقی که *استنتاج استقرایی* نام دارد، به‌دست می‌آیند. استنتاج استقرایی را نقطهٔ مقابل استنتاج قیاسی می‌دانند و معتقدند که با آن فرقهای مهمی دارد.

در استدلال قیاسی معتبر، نتیجه چنان با مقدمات مربوط است که اگر مقدمات صادق باشد نتیجه ممکن نیست صادق نباشد. مثلا استدلالی که صورت کلی آن به شکل زیر باشد، این شرط را داراست:

هرگاه p، آنگاه q.
چنین نیست که q.
____
چنین نیست که p.

با اندکی تأمل می‌توان دریافت که به جای p و q هر عبارتی قرار دهیم، اگر مقدمات صادق باشند، نتیجه همواره صادق است. در واقع، طرح بالا استدلالی را نشان می‌دهد که رفع *تالی* نام دارد و قبلاً هم به آن اشاره کردیم.

مثال زیر نوعی دیگر از استنتاج قیاسی معتبر را نشان می‌دهد:

هر نمك سُدیُم هرگاه در شعلهٔ چراغ بنزن قرار گیرد شعله را به رنگ زرد درمی‌آورد.
این تکه نمك تُرکی، نمك سدیم است
____
این تکه نمك تُرکی هرگاه در شعلهٔ چراغ بنزن قرار گیرد شعله را به رنگ زرد درمی‌آورد.

می‌گویند که در استدلالهایی از نوع استدلال اخیر از کُلّی (در این مورد، قضیه‌ای که در مورد همهٔ نمکهای سدیم بیان می‌شود) به جُزئی (نتیجه‌ای که دربارهٔ این تکه نمك ترکی گرفته می‌شود) می‌رسیم. در مقابل، گاهی گفته می‌شود که در استنتاج استقرایی از مقدماتی که راجع به جزئیات است به نتیجه‌ای می‌رسیم که خصلت قانون یا اصل کلی را دارد. مثلاً از مقدماتی به این مضمون که هر یك از نمکهای مختلف سُدیُم که تاکنون در شعلهٔ چراغ بَنزن آزمایش شده‌است شعله را به رنگ زرد در آورده است، با استنتاج استقرایی، به تصور طرفداران آن، به این نتیجهٔ کلی می‌توان رسید که همهٔ

نمکهای سدیم، وقتی در شعلهٔ چراغ بنزن قرار بگیرند، شعله را به رنگ زرد درمی‌آورند. اما روشن است که در این مورد، صادق بودن مقدمات صادق بودن نتیجه را تضمین نمی‌کند، زیرا حتی اگر درست باشد که همهٔ نمونه‌های نمك سدیم که تاکنون آزمایش شده‌اند شعله را به‌رنگ زرد در آورده‌اند، باز هم کاملاً احتمال دارد که نمونه‌های جدیدی از نمکهای سدیم پیدا شوند که از این حکم کلی تبعیت نکنند. و در واقع، حتی می‌توان تصور کرد که برخی از نمکهای سدیم که تاکنون آزمایش شده‌اند و نتیجهٔ مثبت داده‌اند، تحت شرایط فیزیکی خاص (مثلاً در میدانهای قوی مغناطیسی و نظایر آن) دیگر از این حکم کلی تبعیت نکنند. به این دلیل است که اغلب می‌گویند که نتیجهٔ استنتاجهای استقرایی با احتمال نسبتاً زیاد (و در عین حال متفاوت) در مقدمات آنها مُندرج است، و حال آنکه مقدمات استنتاج قیاسی نتیجهٔ آن را به نحو ضروری دربردارند.

این نظر که در پژوهش علمی استنتاج استقرایی از داده‌هایی که قبلاً گردآوری شده است به اصول کلی مناسب می‌انجامد، در عبارات زیر که شیوهٔ کار آرمانی دانشمندان را توصیف می‌کند به خوبی بیان شده است:

> اگر بخواهیم ببینیم ذهنی که از لحاظ قدرت و سلطه برتر از ذهن بشر اما از لحاظ فرایندهای ذهنی متعارف باشد... چگونه از روش علمی استفاده می‌کند، جریان کار او به قرار زیر خواهد بود: نخست، همهٔ واقعیات را مشاهده و ثبت می‌کند، بی‌آنکه گزینشی در کار آورد یا در مورد اهمیت نسبی آنها از پیش حدسی بزند. دوم، واقعیات مشاهده شده و ثبت شده را تحلیل وطبقه‌بندی می‌کند، بی‌آنکه از فرضیه‌ای یا اصلی جز آنچه منطق تفکر، ناگُزیر، ایجاب می‌کند، استفاده کند. سوم، از این تحلیل واقعیات، می‌تواند به روش استقرایی احکامی کلی در مورد روابط بین آنها ـ چه رَده‌ای و چه عِلّی ـ استنتاج کند. چهارم، ادامهٔ تحقیق هم می‌تواند قیاسی باشد وهم استقرایی، و در آن از احکام کلیی که قبلاً برقرار شده است استفاده می‌شود.[7]

در این عبارت هر تحقیق علمی آرمانی متشکل از چهار مرحله شناخته شده است: (۱) مشاهده و ثبت همهٔ واقعیات؛ (۲) تحلیل و طبقه‌بندی این واقعیات؛ (۳) به

7. A. B. Wolfe, "Functional Economics", in *The Trend of Economics*, ed. R.G. Tugwell (New York: Alfred A. Knopf, Inc., 1924), p. 450.

دست‌آوردن احکام کلّی، از آنها به روش استقرایی؛ و (۴) آزمودن احکام کلی. بخصوص فرض شده است که در دو مرحلهٔ اول از هیچ گونه فرضی در مورد نحوهٔ همبستگی واقعیات استفاده نمی‌شود. ظاهراً این شرط به این دلیل برقرار شده است که وجود این گونه اندیشه‌های قبلی باعث می‌شود که یك نوع پیشداوری وارد کار شود و عینیت تحقیق از بین برود.

اما نظری که در عبارات بالا بیان شده است ـ و من آن را تصور تنگ‌نظرانهٔ استقرایی از تحقیق علمی می‌نامم ـ معقول نیست، به چند دلیل. مروری کوتاه در این دلایل آنچه را تاکنون دربارهٔ تحقیق علمی گفته‌ایم تکمیل و تقویت خواهد کرد.

نخست اینکه تحقیق علمی، به صورتی که در این عبارات تصور شده است، هرگز از مراحل مقدماتی خارج نمی‌شود، و حتی مرحلهٔ اوّل آن هم انجام‌پذیر نیست. زیرا برای اینکه همهٔ واقعیات را جمع کنیم باید تا آخر زمان صبر کنیم، و حتی همهٔ واقعیاتی را که تاکنون بوده‌اند نمی‌توانیم گردآوری کنیم، زیرا شماره و تنوّع آنها حدی ندارد. مثلاً آیا باید همهٔ دانه‌های شن بیابانها و ساحلها را بررسی کنیم و شکل و وزن و ترکیب شیمیایی، فاصلهٔ آنها از یکدیگر، دمایشان را که دایم در حال تغییر است، و نیز فاصلهٔ آنها را از مرکز کرهٔ ماه که آن هم پیوسته تغییر می‌کند ثبت کنیم؟ آیا باید افکاری را هم که ضمن این عمل طاقت‌فرسا در مغزمان جولان می‌دهند ثبت کنیم؟ یا شکل ابرهای بالای سرمان و رنگ آسمان را؟ ساختمان و نام سازندهٔ وسیله‌ای را که با آن می‌نویسیم و همچنین سرگذشت خودمان و همکارانمان را؟ زیرا همهٔ آنها به اضافهٔ چیزهای دیگری که در اینجا ذکر نشد، به هر حال، جزو واقعیاتی است که «تاکنون رخ داده است».

پس شاید لازم باشد که در مرحلهٔ اول فقط همهٔ واقعیات مناسب و مربوط را جمع کنیم. اما مناسب و مربوط نسبت به چه چیزی؟ هر چند نویسندهٔ عبارات بالا متذکر این نکته نمی‌شود، فرض کنیم که در تحقیق خود با یك مسألهٔ خاص سروکار داریم. شاید باید کار خود را با گردآوری همهٔ واقعیاتی ـ یا همهٔ داده‌های موجود ـ که با آن مسأله ربطی دارد آغاز کنیم. اما این حرف هم معنی روشنی ندارد. زملوایز می‌خواست یك مسألهٔ خاص را حل کند، اما در مراحل مختلف پژوهش خود انواع مختلف داده‌ها را گردآوری کرد، و حق هم با او بود، زیرا چیزی که تعیین می‌کند که گردآوری چه نوع داده‌هایی کار معقولی است مسألهٔ مورد بررسی نیست، بلکه عامل تعیین کننده پاسخی

موقتی است که به آن مسأله داده می‌شود و این پاسخ را پژوهشگر به صورت حدس یا فرضیه بیان می‌کند. با فرض اینکه پیداشدن سرو کلهٔ کشیش با آن هیأت ترس‌آور میزان مرگ‌ومیر از تب زایمان را افزایش می‌دهد، گردآوری داده‌های مربوط به اینکه اگر کشیش روشش را تغییر دهد چه خواهد شد کار مناسبی است، اما در همین صورت تحقیق در اینکه اگر دانشجویان پیش از معاینهٔ بیماران دستشان را با داروی ضدعفونی‌کننده‌ای بشویند چه می‌شود، کاملاً نامربوط است. در مورد آخرین حدس زملوایز دربارهٔ آلودگی، داده‌های نوع اخیر کاملاً مناسب و مربوط به شمار می‌آید و داده‌های نوع اول کاملاً نامربوط.

بنابراین، معیار سنجش مربوط یا نامربوط بودن «واقعیات» یا یافته‌های تجربی، فرضیه است نه مسأله.

حال فرض کنید که فرضیهٔ H به عنوان یك پاسخ موقتی به یك مسألهٔ پژوهشی پیشنهاد شده باشد. چه نوع داده‌هایی نسبت به H مناسب و مربوط خواهند بود؟ از مثالهای قبلی پاسخی به این پرسش به ذهن راه می‌یابد: یافته‌ای نسبت به H مناسب و مربوط است که وقوع یا عدم وقوع آن را بتوان از H استنتاج کرد. مثلاً فرضیهٔ توریچلی را در نظر بگیرید. چنانکه دیدیم، پاسکال از این فرضیه چنین استنتاج کرد که هرگاه فشارسنج را به بالای کوهی ببریم طول ستون جیوهٔ آن کم خواهد شد. بنابراین، هر یافته‌ای که این استنتاج را در یك مورد خاص تأیید کند، نسبت به این فرضیه مناسب و مربوط شمرده می‌شود. اما هرگاه پی ببریم که طول ستون جیوه ثابت می‌ماند یا هنگام صعود از کوه ابتدا کم می‌شود و سپس افزایش می‌یابد، بازهم این یافته‌ها نسبت به فرضیهٔ توریچلی مناسب محسوب می‌شوند، زیرا نتیجهٔ آزمودنی پاسکال را به محك آزمون می‌زنند و بدین طریق فرضیهٔ توریچلی را نفی می‌کنند. می‌توان گفت که داده‌های نوع اول به‌طور مثبت یا مساعد با فرضیه مناسبت دارند و داده‌های نوع دوم به طور منفی یا نامساعد.

به‌طور خلاصه، این دستورالعمل که در گردآوری داده‌ها نباید از راهنمایی فرضیه‌های پیشین در مورد روابط میان واقعیتها استفاده کرد، دستورالعملی است که خود به نفی خود می‌انجامد، و در واقع هیچ گاه در تحقیق علمی از آن پیروی نمی‌شود. برعکس، برای اینکه پژوهش علمی ما جهتی داشته باشد به فرضیه‌های موقتی نیازداریم. از جملهٔ چیزهایی که این فرضیه‌ها تعیین می‌کنند یکی هم این است که در هر

مرحلهٔ خاص از پژوهش علمی چه نوع داده‌هایی را باید گردآوری کرد.

جالب است که گاهی جامعه‌شناسانی که برای آزمودن فرضیه‌ای به گنجینهٔ وسیع واقعیات ادارات آمار یا سایر دستگاههای گردآورندهٔ اطلاعات رجوع می‌کنند، درمی‌یابند که مقدار متغیری که در فرضیهٔ آنها نقش مهمی دارد هیچ گاه به صورت منظم ثبت نشده است. البته غرض ازذکر این نکته انتقاد ازعمل گردآوری اطلاعات نیست، زیرا دست اندرکاران این عمل بی‌شك سعی می‌کنند داده‌هایی را هم که احتمالاً با فرضیه‌های آینده مناسبت دارند جمع‌آوری کنند، منظور این است که بگوییم گردآوری «همهٔ داده‌های مناسب» بدون شناختن فرضیه‌هایی که این داده‌ها نسبت به آنها مناسب‌اند کاری ناممکن است.

بر مرحلهٔ دومی هم که در عبارت منقول در بالا در نظر گرفته شده، همین انتقادات وارد است. هر مجموعه از «واقعیات» تجربی را می‌توان به صورتهای مختلف تحلیل و طبقه‌بندی کرد، امّا بسیاری از اینها برای مقاصدی که از یك تحقیق معین در نظر داریم فایده‌ای ندارد. مثلاً زملوایز می‌توانست زنانی را که در بخش زایمان بستری بودند برحسب سن، محل سکونت، تأهل یا تجرد، عادات غذایی و غیره طبقه‌بندی کند. اما از این نوع اطلاعات معلوم نمی‌شد که آیا زائویی در معرض تب زایمان هست یا نه. چیزی که زملوایز می‌خواست پیدا کند معیارهایی بود که با احتمال بیمار شدن زائو رابطهٔ معقولی داشته باشد، و برای این منظور، چنانکه سرانجام دریافت، جداکردن زنانی که پزشکان با دستهای آلوده آنها را معاینه می‌کردند، کار مفیدی بود، زیرا این خصوصیت، یا به عبارت دیگر گروه بیمارانی که این خصوصیت را داشتند، بابالابودن میزان مرگ‌ومیر از تب زایمان همراه بود.

بنابراین، اگر بخواهیم یك طریقهٔ خاص تحلیل و طبقه‌بندی یافته‌های تجربی به توضیح پدیده‌های مورد نظر منجر شود، باید آن تحلیل و طبقه‌بندی بر فرضیه‌هایی دربارهٔ نحوهٔ همبستگی آن پدیده‌ها متکی باشد. بدون وجود فرضیه کار تحلیل و طبقه‌بندی بی‌نتیجه خواهد بود.

تذکّرات انتقادی ما در مورد دو مرحلهٔ اول تحقیق، بنیان این تصور را هم واژگون می‌کند که فرضیه‌ها فقط در مرحلهٔ سوم وارد می‌شوند، و راه‌دست‌یابی به آنها استنتاج استقرایی ازداده‌هایی است که قبلاً گردآوری شده‌اند. اما در اینجا باید چند تذکر دیگر را هم در این مورد اضافه کنیم.

گاهی چنین تصور می‌شود که استقراء روشی است که ما را، به وسیلهٔ قواعدی که به‌صورت مکانیکی قابل کاربُرداند، از واقعیّات مشهود به اصول کلی مربوط به آنها می‌رساند. اگر چنین باشد، قواعد استنتاج استقرایی همان قوانین مفید کشف علمی است، و استقراء یك روش مکانیکی خواهد بود شبیه روش آشنای ضرب اعداد صحیح، که از راه رشته‌ای از مراحل که قبلاً معین شده و به صورت مکانیکی انجام می‌گیرد، حاصل ضرب آن اعداد را به دست می‌دهد. اما در واقع نه ما در حال حاضر به یك چنین روش استقرایی کلی و مکانیکی دسترس داریم ـ زیرا اگر داشتیم، مسألهٔ علت سرطان که این همه بررسی شده تاکنون حل شده بود ـ و نه می‌توان انتظار داشت که در آینده چنین روشی به دست بیاید. یکی از دلایل محال بودن این امر این است که فرضیه‌ها و نظریه‌های علمی با الفاظی بیان می‌شوند که در توصیف پدیده‌هایی که این فرضیه‌ها و نظریه‌ها بر آنها مبتنی‌اند و باید آنها را تبیین کنند، به کار نمی‌روند. مثلاً نظریه‌هایی که از ساختمان اتمی و زیراتمی ماده سخن می‌گویند شامل الفاظ و اصطلاحاتی هستند از قبیل 'الکترون'، 'اتم'، 'پروتون'، 'نوترون'، تابع Ψ ، و غیره. در عین حال این نظریه‌ها مبتنی‌اند بر یك مشت یافته‌های آزمایشگاهی دربارهٔ طیفهای گازهای مختلف، رَدهایی که در اطاق ابر به جای می‌ماند، جنبه‌های کَمّی واکُنشهای شیمیایی، و از این قبیل، که همهٔ این یافته‌ها را می‌توان بدون توسّل به «الفاظ نظری»، مثل 'اتم' و 'الکترون' و غیره، توصیف کرد. بنابراین، قواعد استقراء، به صورتی که در اینجا تصور شده است، باید یك روش مکانیکی به دست ما بدهد که با استفاده از آن بتوانیم، بر اساس یك مشت داده‌های معلوم، نظریه یا فرضیه‌ای بسازیم که برحسب الفاظ کاملاً جدیدی، که اصلاً در توصیف خود داده‌ها به کار نمی‌روند، بیان شده باشد. یقیناً هیچ دستورالعمل مکانیکی کلی نمی‌تواند از عهدهٔ این کار برآید. آیا ممکن بود که یك قاعدهٔ کلی وجود داشته باشد که گالیله آن را در مورد داده‌های مربوط به محدودیت قدرت مکش تلمبه‌های مکشی به کار ببرد، و از یك راه کاملاً مکانیکی فرضیه‌ای تولید کند که بر پایهٔ مفهوم اقیانوس هوا قرار داشته باشد؟

البته در حالات خاص و نسبتاً ساده‌ای می‌توان یك دستورالعمل مکانیکی برای «استنتاج» استقرایی یك فرضیه بر پایهٔ داده‌های معلوم، به دست داد. مثلاً اگر طول یك میلهٔ مسی را در چند دمای مختلف اندازه گرفته باشیم، جفتهای مقادیر متناظر دما و طول را می‌توان به صورت نقاطی روی یك دستگاه مختصات مسطح نشان داد، و با استفاده از

یکی از روشهای تطبیق منحنی‌ها، یك منحنی رسم کرد که از همهٔ این نقاط عبور کند. در این صورت، آن منحنی نمایشگر یك فرضیهٔ کلی کمّی است که طول سیم را به صورت تابع معینی از دمای آن بیان می‌کند. اما توجه داشته باشید که این فرضیه شامل هیچ لفظ یا اصطلاح تازه‌ای نیست، و آن را می‌توان برحسب مفاهیم دما و طول، که در توصیف داده‌ها هم به کار رفته بودند، بیان کرد. گذشته از این، انتخاب مقادیر «متناظر» طول و دما مستلزم داشتن یك فرضیهٔ راهنماست، یعنی فرضیه‌ای که می‌گوید متناظر با هر مقدار دما، میلهٔ مسی فقط یك طول دارد نه بیش، و بنابراین طول میله فقط تابع دمای آن است. در این صورت است که با استفاده از روش تطبیقی منحنی‌ها می‌توان تابع خاصی را، به عنوان تابع مناسب، پیدا کرد. این نکته مهم است، زیرا فرض کنید که به جای میلهٔ مسی مقداری گاز ازت را امتحان کنیم که داخل یك سیلندر محبوس باشد و پیستون متحرکی هم از خروج گاز جلوگیری کند، و نیز فرض کنید که حجم گاز را در چند دمای مختلف اندازه بگیریم. اگر بخواهیم با استفاده از این روش یك قانون کلی به دست آوریم که حجم گاز را به صورت تابعی از دمای آن به دست دهد، بی‌شك موفق نمی‌شویم. زیرا حجم گاز هم تابع دمای آن است و هم تابع فشاری که بر آن وارد می‌آید، به طوری که در یك دما گاز می‌تواند دارای حجمهای مختلف باشد.

بنابراین، حتی در این حالات ساده، دستورالعمل مکانیکی فرضیه سازی فقط بخشی از بار را به دوش دارد، زیرا مستلزم وجود فرضیهٔ قبلی دیگری است که زیاد صریح و مشخص نیست (یعنی اینکه یك متغیر خاص فیزیکی فقط تابعی از یك متغیر دیگر است)، و این فرضیهٔ قبلی را نمی‌توان با همان دستورالعمل به دست آورد.

بنابراین چیزی به نام «قواعد استقراء»، که کاربرد کلی داشته باشد و بتوان با استفاده از آن فرضیه‌ها و نظریه‌ها را به طور مکانیکی استخراج یا استنتاج کرد، وجود ندارد. رسیدن از داده‌ها به نظریات نیازمند تخیّل خلاق است. فرضیه‌ها و نظریه‌های علمی از واقعیات مشهود *استخراج* نمی‌شوند، بلکه برای تبیین و توضیح آنها *ابداع* می‌شوند، و شامل حدسهایی هستند در مورد ارتباطاتی که ممکن است بین پدیده‌های مورد مطالعه وجود داشته باشد، و در مورد نظمها و الگوهایی که ممکن است در پشت وقوع آنها نهفته باشد. این گونه «حدسهای بختیار[8]» نیاز به فراست و نواندیشی فراوان

۸. این خصوصیت را اوّل بار ویلیام هیوئل بیان کرده است: ←

دارد، بخصوص وقتی که مثل نظریهٔ کوانتومی و نسبیّت مستلزم جدایی اساسی از شیوه‌های رایج تفکر علمی باشد. آشنایی کامل با گنجینهٔ دانش موجود در یك رشتهٔ علمی کار ابداع نظریات تازه را که برای تحقیق علمی لازم است بیشتر با موفقیت قرین خواهد کرد. شخصی که بکلی تازه‌کار باشد، ممکن نیست بتواند کشف علمی مهمی بکند، زیرا اندیشه‌هایی که به ذهن او راه می‌یابد یا تکرار اندیشه‌هایی است که قبلاً دیگران آزموده‌اند و یا با حقایق یا نظریات مُسَلَّمی که از چشم او پوشیده است مباینت دارد.

با این حال، شیوه‌های دست یافتن به حدسهای پربار علمی با هر گونه روش استنتاج سیستماتیك تفاوت دارد. مثلاً شیمیدانی به نام ککوله می‌گوید که مدتها سعی می‌کرد تا فرمول ساختمانی بَنزِن را پیدا کند، اما در این کار موفق نمی‌شد تا اینکه در سال ۱۸۶۵ یك روز که جلوی بخاری نشسته بود و چرت می‌زد راه حل این مسأله را پیدا کرد. همچنان که به شعله‌های آتش نگاه می‌کرد به نظرش آمد که اتمهایی به شکل مار ردیف شده‌اند و می‌رقصند. ناگهان یکی از مارها دم خود را در دهان گرفت و حلقه‌ای درست کرد و تمسخرکنان پیش چشم او چرخی زد. ککوله یکباره به خود آمد: او راه نمایش ساختمان مولکولی بنزن را، که همان حلقهٔ شش ضلعی معروف است، پیدا کرده بود. وی بقیهٔ شب را به یافتن نتایج این فرضیه گذراند.[9]

→ William Whewell, *The Philosophy of Inductive Sciences*, 2nd ed. (London: John W. Parker, 1847), II, 41.

هیوئل «ابداع» را «بخشی از استقراء» می‌داند (ص ۴۶). به همین سیاق، کارل پوپر فرضیه‌ها و نظریّه‌های علمی را «حدس» می‌نامد:

Karl R. Popper, "Science: Conjectures and Refutations," in *Conjectures and Refutations* (New York and London: Basic Books, 1962).

حتی آ.ب. ولف که تصور استقراء گرا و تنگ نظرانهٔ اورا از شیوهٔ آرمانی تحقیق علمی قبلاً نقل کردیم تأکید می‌کند که «ذهن محدود بشری» باید از شیوه‌ای استفاده کند که با شیوهٔ آرمانی «فرق بسیار دارد» و در آن به تخیل علمی و گزینش داده‌ها برحسب برخی «فرضیه‌های کاری» نیاز است (ص ۴۵ از مقاله‌ای که درپانوشت ۷ از آن نقل قول کردیم.)

۹. مقایسه کنید با نقلی که از گزارش خود ککوله شده است، در:

A. Findlay, *A Hundred Years of Chemistry*, 2nd. ed. (London: Gerald Duckworth & Co., 1948), p. 37; and W.I.B. Beveridge, *The Art of Scientific Investigation*, 3rd. ed. (London: William Heinemann, Ltd, 1957), p. 56.

در این نکتهٔ اخیر، تذکر مهمی دربارهٔ عینیّت علم وجود دارد. دانشمند هنگامی که برای حل مسأله‌ای می‌کوشد گاه تخیل خود را آزاد می‌گذارد که به هر سو می‌خواهد برود، و تفکر خلاق او شاید تحت تأثیر مفاهیمی قرارگیرد که از لحاظ علمی مشکوک باشد. مثلاً انگیزهٔ کپلر در مطالعهٔ حرکت سیارات علاقهٔ او به یك نظریهٔ عرفانی دربارهٔ اعداد و شوق او به نمایش موسیقی افلاک بود. با این حال اصلی هست که عینیت علم را حفظ می‌کند: گرچه در کار علم فرضیه‌ها و نظریه‌ها را می‌توان آزادانه ابداع و پیشنهاد کرد، اما هنگامی پذیرفته می‌شوند و به نظام معرفت علمی راه می‌یابند که به محك انتقاد بخورند و از آن سربلند بیرون بیایند. یکی از شیوه‌های انتقاد، آزمودن نتایج آزمودنی مناسب از راه مشاهده یا آزمایش دقیق است.

نکتهٔ جالب این است که تخیّل و ابداع آزادانه در علومی هم که اعتبارشان فقط از راه استدلال قیاسی معلوم می‌شود، مثل ریاضیات، نقش مهمی دارد. زیرا از قواعد استنتاج قیاسی نیز هیچ گونه قاعدهٔ مکانیکی برای کشف به دست نمی‌آید. چنانکه در مورد قاعدهٔ رفع تالی نشان دادیم، این قواعد معمولاً به صورت یك گردهٔ کلی نشان داده می‌شوند که هر نمونهٔ آن برهانی است با اعتبار قیاسی. اگر مقدماتی که داریم دارای آن صورت معین باشند، چنین گرده‌ای در واقع راهی را مشخص می‌کند که با پیمودن آن می‌توان به یك نتیجهٔ منطقی دست یافت. اما در برابر هر مجموعه‌ای از مقدمات که در دست داشته باشیم، تعداد نتایجی که می‌توان با استفاده از استنتاج قیاسی از آنها به‌دست آورد بینهایت است. مثلاً قاعدهٔ ساده‌ای را که با گردهٔ زیر نمایش داده می‌شود در نظر بگیرید:

$$\frac{p}{p \text{ یا } q}$$

این گَردِه به ما می‌گوید که از هر قضیه‌ای به مضمون «p برقرار است» نتیجه می‌شود که «p یا q برقرار است»، که در آن p و q هر قضیهٔ دلخواهی می‌توانند باشند. در اینجا باید لفظ «یا» را به معنی «غیر مانعة‌الجمع» در نظر گرفت، و بنابراین «p یا q» معادل است با «p یا q یا هر دو». روشن است که اگر مقدمهٔ برهانی از این نوع درست باشد، نتیجهٔ آن هم باید درست باشد، بنابراین هر برهانی که صورتش چنین باشد معتبر است. پس این قاعده ما را مجاز می‌دارد که از «ماه جَوّ ندارد» هر قضیه‌ای را که صورتش «ماه جَوّ ندارد، یا q» باشد، نتیجه بگیریم. q هرقضیه‌ای می‌تواند باشد و مهم نیست که صادق

است یا کاذب؛ مثل «جو ماه بسیار رقیق است» یا «ماه سکنه ندارد» یا «طلا از نقره سنگینتر است» یا «نقره از طلا سنگینتر است»، و غیره. (چیز جالبی که اثباتش هم مشکل نیست این است که می‌توان بینهایت جمله به زبان فارسی ساخت و هر یك از آنها را به جای q گذاشت.) البته قواعد دیگر استنتاج قیاسی هم تعداد و تنوع قضایایی را که می‌توان از یك مقدمه یا مجموعه‌ای از مقدمات نتیجه گرفت، افزایش می‌دهند. بنابراین اگر دسته‌ای از قضایا را به عنوان مقدمات به ما داده باشند، قواعدِ قیاسیِ روش استنتاج ما را به هیچ جهت خاصی هدایت نمی‌کنند. نه می‌گویند که فلان قضیه «تنها» نتیجه‌ای است که از این مقدمات می‌توان گرفت، و نه به ما می‌گویند که چگونه به نتایج جالب یا همیشه به نتایج مهم برسیم. یعنی هیچ راه و رسم مکانیکی نشان ما نمی‌دهند که مثلاً از یك عده اصل موضوع معین قضایای مهم ریاضی به دست بیاوریم. کشف قضایای مهم و پر ثمر ریاضی، مثل کشف نظریه‌های مهم و پرثمر در علوم تجربی، نیازمند قریحهٔ ابداع و گمان زَنیهای از روی تخیّل و بصیرت است. اما در این مورد هم چیزی که عینیت علمی را تضمین و حفظ می‌کند، همان نیاز به *اعتبارسنجی* عینی آن حدسهاست. در ریاضیات، این کار عبارت است از *اثبات* به طریق استنتاج قیاسی از اصول موضوعه، و وقتی که یك گزارهٔ ریاضی به صورت حدسی پیشنهاد می‌شود بازهم اثبات آن یا اثبات امتناع آن به ابداع و بصیرت نیاز دارد، و اغلب هم به ابداع و بصیرت فراوان نیاز دارد، زیرا قواعد استنتاج حتی یك دستورالعمل کلی مکانیکی برای ساختن اثبات یا برای ساختن اثبات امتناع، در اختیار ما نمی‌گذارد. نقشی که این قواعد همواره به عهده دارند نقشی است ساده‌تر، یعنی از آنها می‌توان به عنوان محك *درستی براهینی که به عنوان اثبات عرضه شده‌اند* استفاده کرد. بدین معنی که برهانی اثبات ریاضی معتبر محسوب می‌شود که با سلسله‌ای از استنتاجات از اصول به قضیهٔ مربوط برسد، و هرگام از آن سلسله، براساس یکی از قواعد استنتاج قیاسی، معتبر باشد. امتحان کردن اینکه آیا برهان خاصی، به این معنی، اثبات معتبر محسوب می‌شود، در واقع کاری است کاملاً مکانیکی.

چنانکه دیدیم معرفت علمی بدین طریق حاصل نمی‌شود که دستورالعملی به نام دستورالعمل استنتاج استقرایی داشته باشیم و آن را در مورد داده‌هایی که در دست داریم به کاربریم، بلکه راه رسیدن به آن «روش فرضیه‌سازی» است. یعنی به عنوان پاسخهای موقتی به مسأله‌ای که در دست بررسی داریم فرضیه‌هایی ابداع می‌کنیم، و

آنگاه آن فرضیه‌ها را به محك آزمون تجربی می‌زنیم. یکی از مراحل آزمون این است که ببینیم آیا داده‌هایی که پیش از تنظیم آن فرضیه گردآوری شده‌اند آن را تأیید می‌کنند یا نه: فرضیه‌ای پذیرفتنی است که با داده‌هایی که در دست داریم سازگار باشد. مرحلهٔ دیگر این است که از آن فرضیه نتایج آزمودنی جدیدی استخراج کنیم و آنگاه آنها را از راه آزمایشها یا مشاهدات مناسب بیازماییم. چنانکه قبلاً تذکر دادیم، حتی اگر فرضیه‌ای را بارها بیازماییم و هر بار هم نتیجه مساعد باشد، باز آن فرضیه به صورت قطعی مسلم نمی‌شود، بلکه فقط برای آن پشتیبانی کم و بیش نیرومندی فراهم می‌آید. بنابراین اگرچه تحقیق علمی را به آن معنای تنگ نظرانه‌ای که بتفصیل بررسی کردیم استقرایی نمی‌توان گفت، اما می‌توان گفت که به *یك معنی وسیعتر* استقرایی است، زیرا فرضیه‌ها براساس داده‌هایی پذیرفته می‌شوند که به هیچ روی از لحاظ قیاسی دلیل بر درستی آنها شمرده نمی‌شوند، بلکه فقط کم و بیش آنها را از «پشتیبانی استقرایی» بهره‌مند می‌سازند. پس هرگونه «قواعد استقراء» را، مثل قواعد استنتاج قیاسی، باید معیار اعتبارسنجی دانست نه معیار کشف. این قواعد به هیچ وجه فرضیه‌ای را که داده‌های تجربی معینی را توجیه کند تولید نمی‌کنند، بلکه وجود داده‌های تجربی را که «مقدمات استدلال استقرایی» شمرده می‌شوند و فرضیهٔ موقتی را که «نتیجهٔ» آن محسوب می‌شود، مفروض می‌گیرند. آنگاه است که از این قواعد معیارهایی برای درستی برهان به دست می‌آید. براساس برخی از نظریاتی که دربارهٔ استقراء وجود دارد، این قواعد میزان قوت و ضعف پشتیبانی داده‌ها را از فرضیه تعیین می‌کنند، و می‌توانند این میزان را برحسب احتمالات بیان کنند. در فصلهای ۳ و ۴ ما عوامل مختلفی را که بر پشتیبانی استقرایی و پذیرفتنی بودن فرضیه‌ها تأثیر می‌گذارد، بررسی می‌کنیم.

۳

آزمودن فرضیه‌ها: منطق آن و قدرت آن

۱.۳ آزمون آزمایشی و آزمون غیر آزمایشی

اکنون استدلالی را که آزمونهای علمی بر آن مبتنی‌اند، و نتایجی را که از حاصل این آزمونها به دست می‌آید، دقیقتر بررسی می‌کنیم. در اینجا هم مانند قبل، واژهٔ «فرضیه» را بر هرگزاره‌ای که در دست آزمون باشد اطلاق می‌کنیم؛ خواه آن گزاره یك واقعیّت جزئی و خاص را توصیف کند، خواه یك قانون کلی را بیان کند، یا گزاره‌ای باشد پیچیده‌تر از اینها.

کار را با یك یادآوری ساده شروع می‌کنیم و در بحث آتی هم این یادآوری را در نظر خواهیم داشت: نتایج آزمودنی هر فرضیه معمولاً حالت شرطی دارند، یعنی می‌گویند که در *شرایط آزمونی* معین فلان نوع نتیجه رخ خواهد داد. گزاره‌هایی را که چنین مضمونی داشته باشند، به ترتیب زیر صراحتاً می‌توان به صورت شرطی نوشت:

[۳ الف] اگر شرایطی از نوع C برقرار باشند، رویدادی از نوع E رخ خواهد داد.

مثلاً از یکی از فرضیه‌هایی که زمل وایز بررسی کرد، نتیجهٔ آزمودنی زیر به دست آمد:

> هرگاه زائوهای بخش اول هنگام زایمان به پهلو بخوابند، میزان مرگ و میر بر اثر تب زایمان کم خواهد شد.

و یکی از نتایج آزمودنی فرضیهٔ نهایی او این بود:

> هرگاه کسانی که بیماران بخش اول را معاینه می کنند دستشان را با محلول آهک کلر زده بشویند، میزان مرگ ومیر بر اثر تب زایمان کم خواهد شد.

همچنین، نتایج آزمودنی فرضیهٔ توریچلی شامل گزاره‌های شرطی به صورت زیر بود:

> اگر فشارسنج توریچلی را به ارتفاعات بیشتر ببریم، طول ستون جیوه آن متناسب با ارتفاع کم خواهد شد.

این گونه نتایج آزمودنی را به دو اعتبار می توان «لازمه» نیز نامید، یکی اینکه از لوازم فرضیه‌ای هستند که از آن مشتق شده‌اند، و دیگر آنکه به صورت جمله‌های «اگر ـ آنگاه» بیان می شوند که این گونه جمله‌ها را در منطق، جمله‌های شرطی یا «استلزامِ مادی» می نامند.

در سه مثالی که هم اکنون نقل کردیم، شرایط آزمونی مشخص شدهٔ C از لحاظ فنی عملی هستند، و می توان بدلخواه ایجادشان کرد، و ایجاد این شرایط مستلزم مهار کردن (کنترل) عاملی است (وضعیت زائو هنگام زایمان، بود یا نبود مادهٔ عفونی، فشار جوّ بالای سر) که طبق فرضیه‌ای که در دست داریم بر پدیدهٔ در دست مطالعه (یعنی ابتلا به تب زایمان در دو مورد اول و طول ستون جیوه در مورد سوم) تأثیر می گذارد. بر پایهٔ این گونه نتایج آزمودنی می توان *آزمونهای آزمایشی* انجام داد، یعنی شرایط C را ایجاد کرد و آنگاه دید که E، به صورتی که فرضیهٔ ما ایجاب می کند، رخ می دهد یا نه.

بسیاری از فرضیه‌های علمی به صورت روابط کمی بیان می شوند. در ساده‌ترین حالات، این روابط مقدار یك متغیر کمّی را به صورت تابعی ریاضی از متغیرهای دیگر به دست می دهند. مثلاً قانون کلاسیك گازها، $V=c.T/P$، حجم گاز را به صورت تابعی از دما و فشار آن نمایش می‌دهد. (c ضریب ثابتی است.) از هر گزاره‌ای از این نوع، بینهایت نتیجهٔ آزمودنی کمّی به دست می آید. در این مثال خاص این نتایج آزمودنی به صورت زیراند: هرگاه دمای مقداری گاز T_1 و فشار آن P_1 باشد، حجم آن $c.T_1/P_1$ است. در این حال، راه آزمودن آزمایشی فرضیه این است که مقادیر متغیرهای «مستقل» را تغییر دهیم و ببینیم که آیا متغیر «وابسته» مقداری را که فرضیه ایجاب می کند دارد یا نه.

در صورتی که مهار کردن آزمایشی ممکن نباشد، یعنی در صورتی که نتوانیم با وسایل فنی موجود، نتیجهٔ آزمودنی را عملی کنیم یا تغییر دهیم، باید فرضیه‌ها را به

صورت غیر آزمایشی بیازماییم. یعنی مواردی را که شرایط مورد نظر به دست طبیعت متحقق می شوند جستجو کنیم، یا اینکه منتظر حاصل شدن این شرایط بمانیم، و [وقتی که شرایط را یافتیم یا خودبه‌خود حاصل شد] بررسی کنیم و ببینیم که آیا E رخ می دهد یا نه.

گاهی گفته می شود که هنگام آزمودن یك فرضیهٔ کمّی از راه آزمایش، هر بار فقط یکی از کمیاتی را که در فرضیه ذکر شده تغییر می‌دهیم و سایر شرایط را ثابت نگاه می‌داریم. امّا این کار ممکن نیست. مثلاً در آزمون آزمایشی قانون گازها می توان فشار را تغییر داد ولی دما را ثابت نگاه داشت، و بالعکس؛ امّا شرایط بسیاری هم هست که ضمن آزمایش تغییر می کند از جمله رطوبت نسبی، شدت روشنایی و شدت میدان مغناطیسی در آزمایشگاه؛ و همچنین فاصلهٔ گازی که آزمایش می کنیم از ماه یا خورشید. و اصلاً اگر منظور ما آزمودن قانون گازها ـ به صورتی که در بالا بیان شده است ـ باشد، دلیلی ندارد که سعی کنیم هر تعداد از شرایط را که می توانیم ثابت نگاه داریم، زیرا این قانون می گوید که تنها فشار و دمای گاز حجم آن را تعیین می کنند. بنابراین، قانون گازها تلویحاً می گوید که عوامل دیگر «دخالتی در حجم ندارند»، بدین معنی که تغییر این عوامل تأثیری در حجم گاز نمی گذارد. پس اگر بگذاریم که این عوامل تغییر کنند، در واقع حوزه‌ای را که می توان در آن به دنبال نقض احتمالی این فرضیّه گشت، وسیعتر کرده‌ایم.

امّا در علم از آزمایشگری هم به صورت روشی برای آزمون استفاده می شود و هم به عنوان روشی برای کشف، و در این مورد دوم، چنانکه هم اکنون خواهیم دید، شرط ثابت نگاه داشتن برخی از عوامل کاملاً بجاست.

استفاده از آزمایش به عنوان روشی برای آزمون فرضیه‌ها در آزمایشهای توریچلی و پریه دیده می شود. در این حالت فرضیه‌ای قبلاً پیشنهاد شده و برای آزمودن آن آزمایشی ترتیب داده می شود. در برخی موارد دیگر که هنوز هیچ فرضیهٔ خاصی پیشنهاد نشده است، دانشمند گاهی کار خود را با حدس خامی آغاز می کند و با استفاده از آزمایش و به راهنمایی آن می کوشد تا به فرضیهٔ جمع‌وجورتری دست یابد. مثلاً اگر بخواهد ببیند که طول سیمی که وزنه‌ای از سر آن آویزان شده چگونه تغییر می کند، حدس می زند که افزایش کمّی طول سیم وابسته است به طول اوّلیّهٔ آن، سطح مقطع آن، نوع فلزی که سیم از آن ساخته شده، و وزن جسمی که از سر سیم آویزان است. آنگاه آزمایشهایی ترتیب می دهد تا ببیند این عوامل بر افزایش طول سیم تأثیر دارند یا نه (در

اینجا آزمایش روشی است برای آزمودن فرضیه)؛ و اگر تأثیر دارند دقیقاً به چه صورت بر «متغیر وابسته» تأثیر می کنند (در اینجا آزمایش به عنوان روشی برای کشف به کار می رود). آزمایشگر اگر بداند که طول سیم با دما هم تغییر می کند، ابتدا سعی می کند دما را ثابت نگاه دارد تا اثر مختل کنندهٔ این عامل را خنثی کند. (گرچه بعداً ممکن است دما را به طور منظم تغییر دهد، تا دریابد که آیا مقدار برخی از پارامترهای موجود در تابعی که افزایش طول را با عوامل دیگر مربوط می کند، تابع دماست یا نه.) آنگاه در آزمایشهایی که در دمای ثابت انجام می‌دهد هر بار یکی از متغیرهایی را که مناسب می شناسد تغییر می دهد و متغیرهای دیگر را ثابت نگاه می‌دارد. بر پایهٔ نتایجی که بدین طریق به دست می آید، به صورت موقّتی قاعدهٔ کُلّیی تنظیم می کند که افزایش طول سیم را به صورت تابعی از طول سیم نکشیده، وزن، و غیره نمایش می‌دهد؛ و آنگاه به ساختن فرمول کلیی می پردازد که افزایش طول سیم را برحسب همهٔ متغیرهای آزموده شده بیان کند.

بنابراین در چنین حالاتی که از آزمایش به عنوان وسیلهٔ تجسّس و راهنمای کشف فرضیه‌ها استفاده می شود، اصل ثابت نگاه داشتن همهٔ «عوامل مناسب و مربوط»، بجز یکی از آنها، اصل معقولی است. امّا البتّه بیش از این کاری نمی توان کرد که همهٔ عواملی را که «مناسب و مربوط» *می‌شناسیم*، یعنی گمان می کنیم بر پدیدهٔ موردِ بررسی تأثیر دارند، جز یکی از آنها، ثابت نگاه داریم؛ امّا همیشه احتمال دارد که عوامل مهم دیگری از چشم ما گریخته باشد.

یکی از ویژگیهای مهم و مزایای بزرگ علوم طبیعی این است که بسیاری از فرضیه‌های آن را می توان از راه آزمایش آزمود؛ با این حال، نمی توان گفت که صفت مُمَیزهٔ همهٔ علوم طبیعی آزمون آزمایشی است، و نیز نمی توان علوم دیگر را از این ویژگی بی بهره دانست. این ویژگی را نمی توان مرز میان علوم طبیعی و علوم اجتماعی شمرد، زیرا روشهای آزمون آزمایشی در روانشناسی، و تا اندازهٔ کمتری در جامعه‌شناسی، هم به کار می روند. همچنین دامنهٔ آزمون تجربی با پیشرفتهای فنی، که لازمهٔ این نوع آزمون است، گسترش می‌یابد. و بالاخره، همهٔ فرضیه‌های علوم طبیعی را نمی توان به شیوهٔ آزمایشی آزمود. مثلاً قانونی را در نظر بگیرید که لیویت[1] و شیپلی[2]

1. Leavitt 2. Shapley

برای افزایش و کاهش درخشندگی یك نوع ستارهٔ متغیر، معروف به قیفاووسیهای کلاسیك، تنظیم کرده‌اند. این قانون می گوید که هر چه زمان تناوب P ستاره‌ای از این نوع ـ یعنی زمان بین دو حالت که ستاره بیشترین درخشندگی را دارد ـ طولانیتر باشد، درخشندگی ذاتی آن بیشتر است. به صورت کمی: $M=-(a+b.\log P)$، که در آن M قَدر ستاره است که طبق تعریف با درخشندگی آن نسبت عکس دارد. این قانون هر جمله‌ای را که قدر یك قیفاووسی را به ازای دورهٔ تناوب خاصی ـ مثلاً ۳ر۵ روز یا ۱۷ر۵ روز ـ بیان کند، به‌صورت قیاسی و به عنوان جملهٔ آزمونی، نتیجه می‌دهد، امّا قیفاووسیهایی را که دورهٔ تناوبشان مقدار معینی باشد نمی توانیم هر وقت که بخواهیم تولید کنیم، و از این رو این قانون را به شیوهٔ آزمایشی نمی توان آزمود، بلکه منجم باید آسمان را بکاود تا قیفاووسیهای تازه‌ای بیابد، و آنگاه معلوم کند که آیا قدر و دورهٔ تناوب آنها تابع این قانون است یا نه.

۲.۳ نقش فرضیه‌های کمکی

قبلاً گفتیم که نتایج آزمودنی از فرضیه‌ای که می‌خواهیم بیازماییم « استخراج» یا «استنتاج» می شوند. امّا این تعبیر رابطهٔ میان فرضیه و جمله‌هایی را که نقش نتیجهٔ آزمودنی آن را دارند فقط به صورتی کلی و مبهم بیان می کند. البته در مواردی می توان از فرضیه‌ای برخی عبارات شرطی، به صورت قیاسی، استنتاج کرد و به عنوان جمله‌های آزمونی آن فرضیه به کاربرد. مثلاً، چنانکه دیدیم، قانون لیویت ـ شاپلی از لحاظ قیاسی مستلزم قضایایی است به این صورت: «اگر ستارهٔ S قیفاووسی باشد و دورهٔ تناوب آن، برحسب روز، فلان مقدار باشد، آنگاه قدر آن بهمان مقدار را خواهد داشت». امّا در غالب موارد «استخراج» نتایج آزمودنی به این سادگی و قطعیت نیست. مثلاً فرضیهٔ زملوایز را در نظر بگیرید که تب زایمان از آلودگی به مادهٔ عفونی پدید می آید، و این نتیجهٔ آزمودنی را هم در نظر بگیرید که اگر کسانی که زائوها را معاینه می کنند دست خود را با محلول آهك کلرزده بشویند، مرگ و میر ناشی از تب زایمان کم می شود. این عبارت تنها از آن فرضیه به صورت قیاسی نتیجه نمی شود، بلکه استخراج آن مستلزم وجود مقدّمهٔ دیگری است به این مضمون که آهك کلرزده، برخلاف آب و صابون، مادهٔ عفونی را از بین می برد. این مقدمه، که در استدلال زملوایز تلویحاً فرض شده است، در استخراج نتیجهٔ آزمودنی از فرضیهٔ او نقشی به عهده دارد که آن را فرض

کمکی یا فرضیهٔ کمکی می نامیم. پس در این مورد حقّ نداریم بگوییم که اگر فرضیهٔ H صادق باشد. آنگاه باید نتیجهٔ آزمودنی I هم صادق باشد؛ بلکه تنها چیزی که می توان گفت این است که اگر H و فرضیّهٔ کمکی صادق باشند، I هم صادق است. چنانکه خواهیم دید، اتکّاء به فرضیه‌های کمکی در آزمودن فرضیه‌های علمی قاعده است نه استثناء، و این امر در پاسخ دادن به این پرسش که آیا یك یافتهٔ آزمونی نامساعد را، یعنی یافته‌ای را که کاذب بودن I را نشان دهد، می توان دلیل بر نادرستی فرضیهٔ مورد بررسی دانست، تأثیر مهمی دارد. اگر H بتنهایی مستلزم I باشد، و اگر یافته‌های تجربی نادرستی I را نشان دهند، آنگاه باید، به موجب قاعدهٔ رفع تالی (۲ الف)، H را نادرست دانست. امّا در مواردی که I از H و فرضیه‌های کمکی A، که تعدادشان ممکن است یکی باشد یا بیشتر، استخراج شود، آنگاه باید گردهٔ زیر را به جای گردهٔ (۲ الف) نشاند:

هرگاه H و A هر دو درست باشند، I هم درست است.
[۳ ب] امّا (چنانکه شواهد نشان می‌دهند) I درست نیست.

H و A با هم درست نیستند.

بنابراین اگر آزمونی نادرستی I را نشان دهد، تنها نتیجه‌ای که می توان گرفت این است که یا فرضیهٔ H نادرست است یا یکی از فرضیه‌های کمکی که در A هست؛ و از این رو از آزمون هیچ دلیل قاطعی برای رد H به دست نمی آید. مثلاً اگر اقدامات زمل‌وایز برای ضدعفونی کردن کاهش مرگ و میر را در پی نمی‌داشت، این دلیل بر نادرستی نظریهٔ او نمی شد، زیرا احتمال داشت که آزمون بدین سبب نتیجهٔ منفی داده باشد که محلول آهك کلرزده مادهٔ ضدعفونی کنندهٔ مؤثری نبوده است.

چنین وضعی چیزی نیست که ما فقط به طور انتزاعی ممکن شمرده باشیم. منجم نامی تیکو براهه[3]، که کپلر پایهٔ تجربی قوانین حرکت سیارات را از رصدهای دقیق او به‌دست آورد، نظرکوپرنیك را دربارهٔ گردش زمین به گرد خورشید ردّ کرد. یکی از دلایل او این بود که اگرفرضیهٔ کوپرنیك درست باشد باید امتدادی که یك ناظر زمینی ستارهٔ معینی را در ساعت خاصی از روزمی بیند بتدریج تغییر کند، زیرا در طول حرکت سالانهٔ زمین به دور خورشید آن ستاره از نظرگاهی که پیوسته تغییر می کند دیده می شود ـ همچنانکه کودکی سوار بر چرخ فلك صورت تماشاچیان را از نظرگاهی که پیوسته

3. Tycho Brahe

تغییر می کند می بیند، و بنابراین جهت دید او پیوسته عوض می شود. بخصوص، امتدادخطی که ناظر را به ستاره‌وصل می کند بتناوب بین دو حد تغییر می کند، که متناظر اند با دو نقطهٔ متقابل روی مدار زمین به دور خورشید. براهه که آزمایشهایش را پیش از اختراع تلسکوپ انجام می‌داد، بادقیقترین آلاتی که در اختیار داشت آسمان را جستجو کرد، تاشاید شاهدی بیابد که دلالت برحرکت «اختلافِ مَنظَری» ستارگان ثابت داشته باشد، و نیافت. این بود که فرضیهٔ حرکت زمین را رد کرد. اما این نتیجهٔ آزمودنی را که ستارگان ثابت دارای حرکت اختلاف منظری هستند فقط با این فرض کمکی می توان از فرضیهٔ کوپرنیك به دست آورد که ستارگان ثابت به قدری به زمین نزدیك اند که اختلاف منظر آنها باوسایل براهه مشهود است. براهه آگاه بود که این فرض کمکی را در کار آورده است، و به‌نظرش می‌آمد که دلیلِ کافی بر درستی آن دارد، و بنابراین خود را ناگزیر از رد نظر کوپرنیك می‌دید. بعداً معلوم شد که ستارگان ثابت دارای اختلاف مَنظَر هستند، امّا فرضیهٔ کمکی براهه درست نبوده است، زیرا حتی فاصلهٔ نزدیکترین ستارهٔ ثابت اززمین از آنچه او فرض کرده بود بمراتب بیشتر است، و بنابراین اندازه‌گیری اختلاف منظر آن نیازمند به تلسکوپهای قوی و روشهای بسیار دقیق است. نخستین اندازه‌گیری اختلاف منظر ثوابت، که قبول عام یافت، در سال ۱۸۳۸ انجام گرفت.

اهیمت فرضیه‌های کمکی در کار آزمون، از این هم بیشتر است. فرض کنید که فرضیهٔ H را با آزمودن نتیجهٔ آزمودنی «هرگاه C آنگاه E» امتحان می‌کنیم. پس مآلاً هنگام آزمون باید ببینیم که اگر در حالتی شرایط آزمونی C، تا آنجا که ما می‌دانیم، محقق باشد، E رخ می دهد یا نه. امّا اگر چنین نباشد ـ یعنی مثلاً دستگاه آزمایش معیوب باشد یا به اندازهٔ کافی حسّاس نباشد ـ ممکن است H و A هر دو درست باشند ولی E رخ ندهد. بدین دلیل است که می گوییم مجموعهٔ فرضیه‌های کمکی، که برقراربودنشان در آزمون مُسلم گرفته شده است، این فرض را هم در بردارد که شرایط آزمون همان شرایط تعیین شدهٔ C است.

این نکته بخصوص وقتی بیشتر اهمیت می‌یابد که فرضیهٔ در دست بررسی از آزمونهای قبلی کاملاً سربلند بیرون آمده باشد، و جزءِ نظام همبسته‌ای از فرضیات باشد و آن نظام را هم شواهد متنوع دیگر تأیید کنند. در چنین مواردی معمولاً سعی می شود که رخ ندادن E را نتیجهٔ برقرار نبودن یکی از شرایط C در آزمون بدانند.

مثلاً این فرضیه را در نظر بگیرید که بار الکتریکی ساختمان گسسته (اتمی) دارد، و هر مقدار بار الکتریکی مضرب صحیحی است از کمترین مقدار آن یعنی بار الکترون. این فرضیه را آزمایشهایی که ر. ا. میلیکن[۴] در ۱۹۰۹ و پس از آن انجام داد به نحو چشمگیری تأیید می کنند. او در این آزمایشها مقدار بار الکتریکی روی قطره‌های بسیار کوچك مایعی چون نفت یا جیوه را از راه سنجش سرعت سقوط این اجسام در اثر گرانش، یا سرعت صعود آنها تحت تأثیر یك میدان الکتریکی که گرانش را خنثی می کند، اندازه گیری کرد. میلیکن با این آزمایشها دریافت که همهٔ بارها یا مساوی یك بار کمینهٔ اساسی و یا مضرب صحیح کوچکی از آن هستند، و در نتیجه وی این بار راهمان بار الکترون دانست و بر پایهٔ اندازه گیریهای متعدد و دقیق مقدار این بار را در دستگاه الکتریکی مساوی با ۴٫۷۷۴ $\times 10^{-10}$ تعیین کرد. امّا چیزی نگذشت که فیزیکدانی وینی به نام اِهرِنْهافت[۵] به‌معارضه بااین نظر برخاست و گفت که آزمایشهای میلیکن را تکرار کرده و بارهایی پیدا کرده بسیار کوچکتر از باری که میلیکن برای الکترون تعیین کرده است. میلیکن در بحثی که راجع به نتایج اهرن هافت کرده،[۶] چند منبع احتمالی خطا (یعنی نقض شرایط آزمونی) را برشمرده که نتایج بظاهر بنیانکن اهرن‌هافت را می توان با آنها توضیح داد: تبخیر هنگام مشاهده؛ کاهش وزن قطره؛ تشکیل لایهٔ اکسید روی قطره‌های جیوه در برخی از آزمایشهای اهرن‌هافت؛ تأثیر مختل کنندهٔ ذرّات غبار معلّق در هوا؛ خارج شدن ذره از میدان دید میکروسکوپی که برای مشاهدهٔ آن به کار می‌رفته؛ کروی نبودن قطره‌های بسار ریز؛ خطاهای ناگزیر در اندازه‌گیری زمان حرکت ذرات بسیار ریز. میلیکن در مورد دو ذرّهٔ خاطی که محقق دیگری مشاهده و گزارش کرده بود، چنین نتیجه‌گیری می کند: «پس... تنها تعبیری که در مورد این دوذرّه می توان کرد... این است که... اصلاً کراتی ازروغن نبوده‌اند» بلکه ذرات غبار بوده‌اند. گذشته از این، میلیکن می‌گوید که نتایج تکرار بسیار دقیق آزمایشهای او، همواره با نتیجه‌ای که قبلاً اعلام کرده بود، یکی بوده است. اهرن‌هافت سالها در دفاع از یافته‌هایش در مورد بارهای کمتر از بار الکترون و بسط آن کوشید، امّا دانشمندان دیگر عموماً نتوانستند نتایج او را به دست آورند و در نتیجه مفهوم گسسته

4. R.A. Millikan 5. Ehrenhaft

۶. ر.ك. فصل هشتم از:
R.A. Millikan, *The Electron* (Chicago: The University of Chicago Press, 1917), rep. 1963.

بودن بار پابرجا شد. هر چند بعداً معلوم شد مقداری که میلیکن برای بار الکترون به دست آورده اُندکی کمتر از مقدار واقعی است؛ و جالب اینکه ریشهٔ این اختلاف در یکی از فرضهای کمکی خود او پیدا شد: او در محاسبهٔ مقادیر مربوط به قطره‌های روغن، گرانروی (ویسکوزیتهٔ) هوا را کمتر از مقدار واقعی آن گرفته بود!

۳.۳ آزمون قاطع

تذکرات پیشین در بررسی مفهوم آزمون قاطع هم اهمیت دارند. آزمون قاطع را به اختصار می توان چنین توصیف کرد: فرض کنید که H_1 و H_2 دو فرضیهٔ رقیب باشند که هر دو از همهٔ آزمونهای پیشین به یك اندازه سربلند بیرون آمده باشند، و بنابراین براساس شواهد موجود نتوان یکی را بر آن دیگری ترجیح داد. در این صورت اگر بتوان آزمونی را تعیین کرد که H_1 و H_2 نتایج متعارضی برای آن پیش‌بینی کنند ـ یعنی اگر برای شرایط آزمونی خاص C، از فرضیهٔ اول نتیجهٔ آزمودنی «هرگاه C آنگاه E_1» و از فرضیهٔ دوم نتیجهٔ آزمودنی «هرگاه C آنگاه E_2» به دست آید، و E_1 و E_2 مانعةالجمع باشند ـ آنگاه می توان به سود یکی از آن دو فرضیه حکم کرد. زیرا در این حالت وقتی آن آزمایش را انجام دهیم، یکی از دو فرضیه رد و دیگری تأیید می شود.

نمونهٔ کلاسیك این امر آزمایشی است که فوکو[۷] انجام داد تا میان دو تصور متعارض که دربارهٔ ماهیت نور وجود داشت داوری کند. اولین آنها، که مُبدعش هویگنس[۸] بود و بعداً یانگ[۹] و فرِنِل[۱۰] آن را تکمیل کردند، نور را امواجی عَرْضی می‌دانست که در یك محیط کِش آیند (الاستیك) به نام اثیر منتشر می شوند؛ تصور دیگر، تصوّر ذره‌ای نیوتن بود که برطبق آن نور از ذراتی بسیار کوچك تشکیل شده که با سرعت زیاد حرکت می کنند. از هر دو نظریه این نتیجه به دست می آمد که «پرتوها»ی نور باید تابع قوانین انتشار مستقیم و بازتاب و شکست باشند؛ امّا از تصور موجی این نتیجه هم بیرون می‌آمد که نور در هوا باید سریعتر حرکت کند تا در آب، و حال آنکه تصور ذرّه‌ای به‌عکس این نتیجه می انجامید. درسال ۱۸۵۰ میلادی فوکو موفق شد آزمایشی انجام دهد و در آن سرعت نور را در هوا و آب مستقیماً با هم مقایسه کند. پرتوهای نورانیی که

7. Jean Foucault 8. Christian Huyghens 9. Thomas Young
10. Augustin Jean Fresnel

بترتیب از هوا و آب می گذشتند تصویر دو نقطهٔ پرتوافشان را در آینه‌ای، که بسرعت می چرخید تشکیل می‌دادند. بر حسب اینکه سرعت نور در هوا بیشتر یا کمتر از آب می بود، تصویر منبع نورانی اوّل در طرف راست یا چپ تصویر منبع دوم تشکیل می شد. بنابراین، دو نتیجهٔ آزمودنی متعارضی را که در این آزمون امتحان می شدند می توان چنین بیان کرد: «هرگاه آزمایش فوکو انجام گیرد، آنگاه تصویر اول در طرف راست تصویر دوم تشکیل می شود»، و «هرگاه آزمایش فوکو انجام گیرد، آنگاه تصویر اول در طرف چپ تصویر دوم تشکیل می شود». آزمایش درستی نتیجهٔ اول را نشان داد.

نتیجهٔ این آزمایش، عموماً، نشانهٔ ردّ نهایی تصور ذرّه‌ای نور و تأیید قاطع تصور موجی شمرده می شد. امّا این ارزیابی، در عین اینکه طبیعی بود، قدرت آزمون را بیش از آن که بود فرض می کرد؛ زیرا بیشتر بودن سرعت نور در آب از هوا فقط از این فرض کلّی که پرتو نور جویباری از ذرات است، به دست نمی آید؛ آن تصور نامعیّن تر از آن است که هیچ گونه نتیجهٔ کمّی به دست دهد. نتایجی چون قوانین بازتاب و شکست و گزاره‌های راجع به سرعت نور در هوا و آب را فقط هنگامی می توان به دست آورد که بر تصور کلّی ذرّه‌ای فرضهای معینی دربارهٔ حرکت ذرات و تأثیر محیط پیرامون بر آنها افزوده شود. نیوتن هم در واقع چنین فرضهایی را تعیین کرده و با این کار یك *نظریهٔ*[۱۱] معیّن دربارهٔ انتشار نور عرضه کرده بود. نتایجی که قابل آزمون آزمایشی‌اند، مانند نتیجه‌ای که فوکو امتحان کرد، از مجموع این اصول نظری به دست می‌آیند، و نه تنها از یکی از آنها. همچنین تصور موجی هم به صورت نظریه‌ای تنظیم شده بود که پایه‌هایش بر فرضهای معینی دربارهٔ انتشار امواج اثیر در محیطهای نوری گوناگون استوار بود. در این مورد هم قوانین بازتاب و شکست، و اینکه سرعت نور در هوا بیشتر از آب است، از مجموعهٔ این اصول نظری به دست می آیند. در نتیجه ـ به فرض اینکه همهٔ فرضهای کمکی دیگر درست باشند ـ از آزمایش فوکو فقط می توان استنباط کرد که فرضها یا اصول اولیّهٔ نظریهٔ ذرّه‌ای نور همه با هم درست نیستند؛ یعنی دست‌کم یکی از آنها باید نادرست باشد. امّا از این آزمایش معلوم نمی شود که کدام فرضیه یا اصل خاص را باید رها کرد. بنابراین، بازهم امکان دارد که تصوّر پرتابه‌های ذرّه‌مانند را که در انتشار نور نقشی برعهده دارند، به یك صورت تعدیل

۱۱. ساختمان و کارنظریه‌ها در فصل ۶ به تفصیل بیشتر بررسی خواهد شد.

شده که با مجموعهٔ دیگری از قوانین بنیادی مشخص شود، حفظ کنیم.

و در واقع، درسال ۱۹۰۵ میلادی اینشتین صورت اصلاح شده‌ای از تصور ذره‌ای نور را به شکل نظریه‌ای که نظریهٔ کوانتومها یا فوتونهای نور نام گرفت، عرضه کرد. از جملهٔ شواهدی که او دلیل بر درستی نظریه‌اش می‌دانست آزمایشی بود که لنارد[۱۲] درسال ۱۹۰۳ انجام داده بود. اینشتین این آزمایش را «دومین آزمون قاطع» دربارهٔ دو مفهوم ذره‌ای و موجی نام داد، و گفت که این آزمایش نظریهٔ موجی کلاسیك را «نابود» کرده است. (البته در آن زمان ارتعاشات کِش‌آیند اثیرجای خود را به امواج عرضی الکترومغناطیسی سپرده بود که ماکسول و هرتس مُبدعش بودند.) می توان گفت که در آزمایش لنارد، که پدیدهٔ فوتوالکتریك در آن دخالت دارد، دو نتیجهٔ آزمودنی متعارض آزموده می شوند، و این دو مربوط اند به انرژی نورانیی که نقطهٔ پرتو افشان P می تواند در مدت معینی به پردهٔ کوچکی که عمود بر پرتوهای نور قرار دارد، انتقال دهد. براساس نظریهٔ موجی کلاسیك، هنگامی که پرده را از نقطهٔ P دورکنیم، این انرژی بتدریج و به طور پیوسته کاهش می یابد تا به صفر برسد. بر پایهٔ نظریهٔ فوتونی، انرژی را دست‌کم یك فوتون باید انتقال دهد، مگر اینکه در آن مدت معین فوتونی به پرده برخورد نکند، که در این صورت انرژی دریافتی صفر خواهد بود؛ پس براساس این نظریه، کاهش انرژی و صفر شدن آن پیوسته نیست. آزمایش لنارد شق اخیر را تأیید کرده بود، با این حال، در این مورد هم تصور موجی نور به طور قطعی رَدّ نشد، و نتیجهٔ آزمایش فقط نشان داد که در مجموعهٔ فرضهای اساسی نظریهٔ موجی باید تغییری ایجاد شود؛ و در واقع اینشتین هم سعی کرد نظریهٔ کلاسیك را، تا آنجا که ممکن است، کمتر تغییر دهد.[۱۳] خلاصهٔ کلام، آزمایشهایی از این نوع که در اینجا ذکر شد، نمی توانند یکی از دو فرضیهٔ رقیب را به طور قطعی رد کنند.

امّا از «اثبات» یا تثبیت قطعی فرضیهٔ معارض هم عاجزاند، زیرا چنانکه در بخش ۲۰۲ به طور کلی خاطرنشان کردیم، با هیچ مجموعه‌ای از داده‌های موجود، هر چه هم گسترده و دقیق باشد، نمی توان فرضیه یا نظریه‌ای را به طور نهایی ثابت کرد. این نکته

12. Philipp Lenard

۱۳. این مثال با تفصیل بیشتر در فصل هشتم کتاب زیر بررسی شده است:
P. Frank, *Philosophy of Science* (Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, Spectrum Books, 1962).

بخصوص وقتی واضح است که فرضیه یا نظریه‌ای تلویحاً یا تصریحاً قانونی کلی را در برداشته باشد که به فرایندی که مستقیماً مشاهده کردنی نیست ـ مثل دو فرضیهٔ رقیب در مورد نور ـ یا به پدیده‌ای که آسانتر قابل اندازه‌گیری و مشاهده است ـ مثل سقوط آزاد ـ مربوط شود. مثلاً قانون گالیله به همهٔ موارد سقوط آزاد در گذشته و حال و آینده مربوط می‌شود، و حال آنکه در هر زمانی همهٔ شواهد موجود فقط مجموعهٔ کوچکی از موارد را شامل می‌شود که بدقّت اندازه‌گیری شده‌اند ـ و همهٔ آنها هم به گذشته تعلق دارند. و حتی اگر معلوم شود که قانون گالیله در همهٔ موارد مشاهده‌شده دقیقاً برقرار است، امکان اینکه مورد مشاهده‌نشده‌ای در گذشته یا آینده از آن تبعیت نکند، نفی نمی‌شود. خلاصه، حتی با دقیقترین و گسترده‌ترین آزمونها هم نمی‌توان از دو فرضیهٔ رقیب یکی را ابطال و دیگری را اثبات کرد؛ به عبارت دقیقتر، آزمون قاطع در علم شدنی نیست.[14] امّا آزمایشی چون آزمایش فوکو یا لنارد را می‌توان مسامحتاً و از لحاظ عملی آزمون قاطع دانست، بدین معنی که این‌گونه آزمونها ممکن است نشان دهند که یکی از دو فرضیه بسیار بی‌کفایت است، و از فرضیهٔ رقیب آن بشدّت پشتیبانی کنند، و در نتیجه ممکن است بر سیر بعدی آزمایشها و نظریه‌پردازیها تأثیر عمیقی بگذارند.

۴.۳ فرضیه‌های موردی

اگر یکی از انحاءِ آزمون فرضیهٔ H مستلزم فرضیه‌های کمکی A_1، A_2، ...، A_n باشد، یعنی اگر این فرضیه‌ها جزو مقدماتی باشند که نتیجهٔ آزمودنی I از آنها استخراج می‌شود، آنگاه، چنانکه دیدیم، منفی بودن نتیجهٔ آزمون، که کاذب بودن I را نشان می‌دهد، فقط می‌گوید که H و یا یکی از فرضیه‌های کمکی کاذب است، و اگر بخواهیم این نتیجهٔ آزمونی را توجیه کنیم باید در این مجموعهٔ جملات چیزی را تغییر دهیم. برای نیل به این مطلوب می‌توانیم H را اصلاح کنیم، یا بکلی رها کنیم، یا اینکه در

۱۴. این حکم مشهوری است که فیزیکدان و مورخ علم فرانسوی پیردوئم در فصل ششم از بخش هشتم کتاب خود کرده است:
P. Duhem, *The Aim and Structure of Physical Theory*, trans. P.P. Wiener, (Princeton: Princeton University Press, 1954).
اصل کتاب در ۱۹۰۵ منتشر شده است. در مقدمهٔ ترجمهٔ انگلیسی، لویی دوبروی چند نکتهٔ جالب دربارهٔ این نظر بیان کرده است.

مجموعهٔ فرضیه‌های کمکی تغییری بدهیم. علی‌الاصول و از لحاظ نظری همیشه می‌توان H را، حتی در برابر نتایج آزمونی بینانکن، حفظ کرد ـ به شرط آنکه بخواهیم در مجموعهٔ فرضیه‌های کمکی خود اساسی‌ترین و شاید پرزحمت‌ترین تجدیدنظرها را به عمل بیاوریم. امّا علم دوست ندارد که به این شیوه، و به هر قیمتی که هست، فرضیه‌ها و نظریه‌های خود را حفظ کند، و برای این کار هم دلایل خوبی دارد. مثالی را در نظر می‌گیریم. پیش از آنکه توریچلی فرضیهٔ خود را دربارهٔ فشار اقیانوس هوا عرضه کند، عمل تلمبهٔ مکشی را با توسل به این اندیشه توضیح می‌دادند که طبیعت از خلأ بیزار است، و بنابراین آب در لولهٔ تلمبه بالا می‌آید تا خلأیی را که در اثر بالا بردن پیستون ایجاد می‌شود، پرکند. از این اندیشه در تبیین پدیده‌های دیگری هم استفاده می‌شد. پاسکال در نامه‌ای که به پریه نوشت و از او خواست که آزمایش پوی دودوم را انجام دهد، گفت که نتیجهٔ این آزمایش این مفهوم را به طور «قطعی» رد خواهد کرد: «اگر ارتفاع جیوه در بالای کوه بیش از ارتفاع آن در دامنهٔ کوه باشد، ضرورتاً نتیجه می‌شود که تنها علت معلق ماندن جیوه فشار هواست، نه بیزاری از خلأ؛ زیرا مسَلّم است که هوایی که فشار وارد می‌کند در دامنهٔ کوه بسیار بیشتر از قلهٔ آن است، امّا نمی‌توان گفت که طبیعت در دامنهٔ کوه بیشتر از خلأ بیزار است تا در بالای کوه.»[15] امّا همین نکتهٔ اخیر راهی را برای نجات دادن مفهوم *بیزاری از خلأ* از چنگ یافته‌های پریه نشان می‌دهد، زیرا نتایجی که او به دست آورد تنها در صورتی سند قاطعی علیه این مفهوم شمرده می‌شد که یك فرضیهٔ کمکی هم به آنها افزوده شود، و آن اینکه شدت بیزاری از خلأ از جایی به جای دیگر فرق نمی‌کند. پس برای آنکه شاهد بظاهر بنیانکن پریه را با مفهوم بیزاری از خلأ جمع کنیم، کافی است این فرضیهٔ کمکی را وارد کار کنیم که بیزاری طبیعت از خلأ با افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد. امّا این فرض، گرچه نه از لحاظ منطقی بیمعنی است و نه غلط بودنش آشکار، از دیدگاه علمی خدشه‌پذیر است، زیرا به صورت «موردی» و «استعجالی» وارد می‌شود، یعنی تنها به قصد نجات دادن نظریه‌ای که شواهد خلاف رخنه در بنیان آن افکنده‌اند: هیچ یافتهٔ دیگری وجود آن را اقتضا

۱۵. از نامهٔ پاسکال به تاریخ پانزدهم نوامبر ۱۶۴۷، در
I.H.B and A.G.H. Spiers, trans., *The Physical Treatises of Pascal* (New York: Columbia University Press, 1937), p. 101.

نمی‌کند، و به عبارت ساده‌تر هیچ نتیجهٔ آزمودنی جدیدی از آن به دست نمی‌آید. در مقابل، از فرضیهٔ فشار هوا نتایج جدیدی زاده می‌شود، مثلاً پاسکال خاطرنشان می‌کند که اگر بادکنك کم‌بادی را به قلهٔ کوهی ببریم، در آنجا پرباد خواهد شد.

در اواسط قرن هفدهم میلادی، گروهی از فیزیکدانان که مَلَأ گرا نامیده می‌شدند اعتقاد داشتند که در طبیعت خلأ وجود ندارد، و یکی از آنان، برای اینکه این اندیشه را از دام آزمایش توریچلی نجات دهد، این فرضیهٔ موردی را عرضه کرد که جیوهٔ درون فشارسنج با نخی نامرئی به بالای سطح داخلی لولهٔ شیشه‌ای بسته شده است، و این نخ آن را معلق نگاه می‌دارد. طبق نظریه‌ای که در اوایل قرن هجدهم میلادی ساخته شد و در آغاز بسیار مفید بود، وقتی که فلزی می‌سوزد مادّه‌ای به نام فلوژیستون[16] از آن خارج می‌شود. آزمایش لاوازیه نشان داد که محصول نهایی فرایند سوختن سنگین‌تر از فلز اوّلیه است، و در نتیجه این تصور متروك شد؛ امّا بعضی از طرفداران ثابت‌قدم نظریّهٔ فلوژیستون سعی کردند میان نظریهٔ خود و یافته‌های لاوازیه سازشی ایجاد کنند، و بدین منظور فرضیه‌ای موردی پیشنهاد کردند که می‌گفت وزن فلوژیستون منفی است و بنابراین با خارج شدن آن از فلز وزن مادهٔ باقیمانده بیشتر می‌شود!

با این حال، نباید فراموش کرد که ما چون در موقعیت بهتری هستیم و می‌توانیم به پشت سر خود نگاه کنیم، برایمان آسان است که به برخی از پیشنهادهای مهم گذشتگان برچسب «موردی» بودن بزنیم و آنها را رد کنیم، و حال آنکه حکم کردن در مورد فرضیه‌هایی که در زمان خود ما پیشنهاد می‌شود بسیار دشوار است. هر چند در واقع هیچ معیار دقیقی برای شناختن فرضیه‌های موردی وجود ندارد، امّا از نکاتی که پیش از این گفتیم معیارهایی به دست می‌آید: آیا فرضیهٔ مورد بحث فقط بدین منظور پیشنهاد شده که یك مفهوم رایج و جاری را از چنگ شواهد مخالف نجات دهد، یا اینکه از عهدهٔ تبیین پدیده‌های دیگری هم برمی‌آید؟ آیا از آن لوازم آزمودنی دیگری هم حاصل می‌شود؟ یك ملاحظهٔ بجای دیگر هم این است: اگر دمادم ناچار باشیم که قیدها و تبصره‌هایی، به‌صورت فرضیات، بر یك مفهوم اساسی بیفزاییم تا آن را با شواهد جدیدی که به دست می‌آید سازگار کنیم، سرانجام کل نظام حاصل به قدری پیچیده می‌شود که اگر تصور ساده‌ای به جای آن عرضه شود ناگزیر جای خود را بدان می‌سپارد.

16. phlogiston

۵.۳ آزمون پذیری علی‌الاصول و مضمون تجربی

چنانکه از بحث پیشین برمی‌آید، گزاره یا مجموعهٔ گزاره‌های T را نمی‌توان به عنوان فرضیه یا نظریهٔ علمی پیشنهاد کرد، مگر آنکه دست کم از لحاظ نظری (یا «علی‌الاصول») قابل آزمون‌ تجربی باشد؛ یعنی باید همواره بتوانیم، به معنای وسیعی که تاکنون گفته‌ایم، از T برخی نتایج آزمودنی به دست بیاوریم، و این نتایج باید بدین صورت باشند: «هرگاه شرایط C متحقق شوند، آنگاه نتیجهٔ E به‌وقوع خواهد پیوست». امّا لزومی ندارد که در زمانی که T عرضه می‌شود، یا به ذهن کسی راه می‌یابد، شرایط آزمونی حتماً تحقق‌یافته باشند یا از لحاظ فنّی تحقّق‌یافتنی باشند. مثلاً این فرضیه را در نظر بگیرید که می‌گوید اگر جسمی را نزدیك سطح ماه از حالت سکون رها کنیم و جسم سقوط آزاد کند، مسافتی که می‌پیماید، برحسب متر، از رابطهٔ $s=\frac{g}{12}t^2$ به‌دست می‌آید. از این فرضیه از راه قیاسی نتایجی آزمودنی به دست می‌آید، بدین مضمون که مسافت پیموده شده توسط جسم در ۱، ۲، ۳،... ثانیه برابر است با $\frac{g}{12}$، $\frac{g}{3}$، $\frac{3g}{4}$،... متر. پس این فرضیه علی‌الاصول (از لحاظ نظری) آزمون‌پذیر است، گرچه درحال حاضر انجام دادن این آزمون ناممکن است.

امّا اگر گزاره‌ای، یا مجموعه‌ای از گزاره‌ها، حتی علی‌الاصول آزمون‌پذیر نباشد، یا به‌عبارت دیگر هیچ نتیجهٔ آزمودنی نداشته باشد، آن را نمی‌توان به عنوان فرضیهٔ علمی عرضه کرد یا پذیرفت؛ زیرا هیچ یافتهٔ تجربی که به تصور آید نمی‌تواند با آن سازگار یا با آن معارض باشد. در این صورت آن گزاره یا مجموعهٔ گزاره‌ها هیچ گونه ارتباطی با پدیده‌های تجربی ندارد، یا به تعبیر دیگر، فاقد مضمون تجربی است. مثلاً این اعتقاد را در نظر بگیرید که جاذبهٔ گرانشی اجسام فیزیکی جلوه‌ای است از یك نوع «کشش یا میل طبیعی» که بسیار نزدیك است به عشق، و این کشش و میلْ ذاتیِ این اجسام است و حرکات آنها را «ممکن و قابل درك» می‌سازد.[17] از این تعبیر پدیده‌هایِ گرانشی چه نتایج آزمودنیی می‌توان بیرون کشید؟ اگر برخی از صفات بارز عشق به معنای متعارف آن را در نظر بگیریم، ظاهراً از این گفته چنین استنباط می‌شود که کشش گرانشی نباید پدیده‌ای عامّ باشد، یعنی معلوم نیست که هر دو جسم فیزیکی دلخواه

۱۷. این مفهوم فی‌المثل در مقالهٔ زیر پیشنهاد شده است:
J.F. O'Brien, "Gravity and Love as Unifying Principles," *The Thomist*, Vol. 21 (1958), 184-93.

یکدیگر را جذب کنند؛ همچنین معلوم نیست که شدت کشش یك جسم به جسم دیگر مساوی با کشش عکس آن باشد؛ یا اینکه این کشش با جرم اجسام یا فاصلهٔ آنها رابطهٔ معقولی داشته باشد. امّا چون غلط بودن همهٔ این پی‌آمدها آشکار است، پس این مفهومی که داریم بررسی می‌کنیم به قصد آنکه چنین نتایجی داشته باشد اظهار نشده است، و در واقع هم این مفهوم ادعایی جز این ندارد که آن کششهای طبیعی که منشأ جاذبهٔ گرانشی است بسیار به عشق نزدیك است! امّا معلوم است که این حرف آنقدر بی‌در و پیکر است که بیرون کشیدن هیچ نوع نتیجهٔ آزمودنی از آن ممکن نیست: این تعبیر هیچ‌گونه یافتهٔ تجربی خاصی را ایجاب نمی‌کند و هیچ دادهٔ آزمایشی یا مشاهداتیی که در ذهن بگنجد از عهدهٔ تأیید یا ابطال آن برنمی‌آید. پس هیچ نتیجه‌ای که باپدیده‌های گرانشی ربطی داشته باشد از آن به دست نمی‌آید، و در نتیجه امکان ندارد که بتواند این پدیده‌ها را تبیین کند یا «قابل درك» سازد. برای آنکه این نکته روشنتر شود، فرض کنید که کسی فرضیه‌ای درست مخالف این نظر بیاورد، و بگوید اجسام فیزیکی بدین دلیل یکدیگر را جذب می‌کنند یا رو به یکدیگر حرکت می‌کنند که یك نوع گرایش طبیعی از جنس نفرت در آنها هست، و هر یك از روی طبع تمایل دارد که با اجسام طبیعی دیگر برخورد کند و آنها را نابود سازد. آیا هیچ راهی برای داوری کردن در میان این دو نظر در تصور می‌گنجد؟ روشن است که نه. زیرا از هیچ یك از آن دو، نتیجهٔ آزمودنی به دست نمی‌آید، و هیچ گاه ممکن نیست که از راه تجربی آنها را از هم تمیز دهیم. چنین نیست که قضیه آنقدر «عمیق» باشد که علم نتواند دربارهٔ آن حکمی بکند؛ به عکس، این دو تعبیر بظاهر مُتَعارض اصلاً چیزی نمی‌گوید، بنابراین بحث دربارهٔ درستی و نادرستی آنها کلاً بی‌معنی است، و بدین دلیل است که علم نمی‌تواند در میانشان داوری کند. اینها *فرضیه‌نما* هستند، یعنی فقط ظاهرشان به فرضیه شبیه است.

با این حال، باید در نظر داشت که از هر فرضیهٔ علمی وقتی نتایج آزمودنی به دست می‌آید که با فرضیه‌های کمکی مناسب همراه شده باشد. مثلاً از تصور توریچلی از فشار اقیانوس هوا فقط هنگامی نتایج آزمودنی به دست می‌آید که فرض کنیم فشار هوا تابع قوانینی است شبیه قوانین فشار آب؛ و فی‌المثل آزمایش پوی دودوم بر این فرض مبتنی است. بنابراین وقتی می‌خواهیم حکم کنیم که آیا فرضیه‌ای مضمون تجربی دارد یا نه، باید از خود بپرسیم که چه فرضیه‌های کمکیی، در آن زمینهٔ بخصوص، مُسَلَّم گرفته شده‌اند، و آیا اگر فرضیه‌ای را که در دست داریم با آن فرضیه‌های کمکی همراه کنیم،

نتیجهٔ آزمودنی از آن به دست می‌آید یا نه (البته غیر از نتایجی که از خودِ فرضیه‌های کمکی به دست می‌آیند)؟

علاوه بر این، بسیارِ پیش می‌آید که یك اندیشهٔ علمی در آغاز به صورتی عرضه می‌شود که از آن فقط امکانات محدود و کمرنگی برای آزمودن حاصل می‌شود؛ وسپس بر پایهٔ این آزمونهای ابتدایی، کم کم شکل معین و دقیقی می‌یابد که نتایج آزمودنی متنوعی دارد.

به این دلایل، و هم به دلایل دیگری که بحث دربارهٔ آنها از حوصلهٔ این کتاب خارج است، نمی‌توان میان فرضیه‌ها و نظریه‌هایی که عَلَی‌الاصول آزمون‌پذیرند و فرضیه‌ها و نظریه‌هایی که چنین نیستند، مرز دقیقی تعیین کرد. امّا همین تمایزی که در اینجا اشاره شد، با اینکه اندکی مبهم و نادقیق است، در کار ارزیابی اهمیّت و کارایی بالقوهٔ فرضیه‌ها و نظریه‌هایی که پیشنهاد می‌شوند، مهم و روشنگر است.

۴

معیارهای تأیید و پذیرش

چنانکه پیشتر متذکر شدیم، نتیجهٔ مساعد، حتی اگر با آزمونهای گسترده و دقیق به‌دست آمده باشد، نمی تواند فرضیه را به صورت قطعی اثبات کند، بلکه کمابیش آن را از پشتیبانی شواهد برخوردار می کند، یا کمابیش آن را تأیید می کند. شدت و ضعف پشتیبانی مجموعه‌ای از شواهد از یك فرضیه بستگی به خصوصیات گوناگونی در آن شواهد دارد که در اینجا به بررسی شان می پردازیم. روشن است که در بررسی مفهوم پذیرفتنی بودن یا اعتبار علمی فرضیه‌ها، یکی از مهمترین عواملی که باید در نظر گرفت دامنه و کیفیت شواهد مناسب موجود و پشتیبانیی است که این شواهد از فرضیه‌ها می کنند. امّا چند عامل دیگر را هم باید به حساب آورد که در این فصل آنها را هم بررسی می کنیم. در آغاز با بیانی شهودی از شدت و ضعف پشتیبانی، یا از کم‌وبیشی افزایش تأیید شدگی، و از عواملی که اعتبار فرضیه‌ای را می کاهند یا می افزایند صحبت می کنیم، آنگاه در پایان فصل به اختصار به این نکته می پردازیم که آیا مفاهیم یادشده در این فصل قابل بررسی دقیق کمّی هستند یا نه.

۱.۴ کمیّت، تنوع، و دقت شواهد پشتیبان

در صورتی که شواهد نامُساعد وجود نداشته باشند، می توان گفت که هرچه تعداد یافته‌های آزمونی مُساعد بیشتر باشد، فرضیه بیشتر تأیید می شود. مثلاً می توان گفت که یافت شدن هر ستارهٔ قیفاووسی که دورهٔ تناوب و درخشندگیش از رابطهٔ لیویت‌ـ

شیپلی تبعیت کند، بر شواهد پشتیبان این قانون می افزاید. امّا عموماً هرچه تعداد موارد مساعد قبلی بیشتر باشد، مقدار تأییدی که از یافت شدن یك مورد مساعد جدید حاصل می شود، کاهش می یابد. اگر قبلاً هزاران مورد مُؤیّد به دست آمده‌باشد، افزوده شدن یك یافته مُساعد بر آنها تأییدشدگی فرضیه را فقط اندکی افزایش می‌دهد.

امّا این نظر همیشه و بدون قید و شرط درست نیست. اگر همهٔ موارد قبلی از راه یك نوع آزمون به دست آمده باشند و یافتهٔ جدید نتیجهٔ یك نوع آزمون دیگر باشد، تأییدشدگی فرضیه گاهی بسیار بالا می‌رود. زیرا تأییدشدگی نه فقط به تعداد شواهد مساعد موجود بلکه به تنوع آنها هم بستگی دارد: هرچه تنوع شواهد بیشتر باشد پشتیبانی آنها هم از فرضیه بیشتر می شود.

مثلاً فرض کنید که فرضیهٔ مورد نظر ما قانون اسنل[1] باشد، که می گوید اگر نور به‌صورت مُوَرَّب از یك محیط نوری به محیط دیگر برود، در مرز میان دو محیط شکسته می شود. به طوری که نسبت سینوس زوایای تابش و شکست، یعنی $\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$ ، برای هر یك جفت محیط نوری معین، مقدار ثابتی است. حالا سه دسته آزمون را در نظر بگیرید که هر یك شامل ۱۰۰ مورد باشد. در آزمونهای دستهٔ اول هر دو محیط و زاویهٔ تابش را ثابت نگاه می‌داریم: نور را با زاویهٔ تابش °۳۰ از هوا به آب گذر می‌دهیم و زاویهٔ شکست را اندازه می گیریم. فرض کنید که مقدار $\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$ در همهٔ موارد یکی باشد. در دستهٔ دوم از آزمایشها، دو محیط را ثابت نگاه می‌داریم، ولی زاویهٔ α را تغییر می‌دهیم: نور را با زاویهٔ متغیر از هوا به آب وارد می کنیم و β را اندازه می گیریم. باز هم فرض کنید که در همهٔ موارد مقدار $\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$ یکی باشد. در آزمایشهای دستهٔ سوم، هم دو محیط را تغییر می‌دهیم و هم زاویهٔ α را: ۲۵ جفت محیط مختلف را امتحان می کنیم و برای هر جفت چهار زاویهٔ مختلف α را به کار می بریم. فرض کنید که در مورد هر جفت محیط چهار نسبت $\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$ مساوی باشند، ولی مقدار این نسبت برای جفتهای مختلف متفاوت باشد.

هر دسته از این آزمونها نمایندهٔ مجموعه‌ای از نتایج مساعد است، زیرا نسبت مربوط به هر جفت محیط خاص، چنانکه قانون اسنل اقتضا می کند، ثابت از کار درمی‌آید. امّا با اطمینان می توان گفت دستهٔ سوم، که از حیث موارد مثبت بیشترین

1. Willebrod Snell

تنوع را دارد، قانون اسنل را بسیار قویتر از دستهٔ دوم، که تنوع موارد مثبت آن بسیار محدود است، پشتیبانی می‌کند؛ و پشتیبانی دستهٔ اول از آن قانون کلی از این هم ضعیفتر است. در واقع، شاید چنین به نظر بیاید که در دستهٔ اول یك آزمایش را بارها تکرار کرده‌ایم و میزان پشتیبانیی که از صد مورد مثبت عایدِ قانون اسنل می‌شود بیش از پشتیبانیی نیست که دو آزمایش اوّل این دسته، با نشان‌دادن ثابت بودن نسبت سینوسها، از این قانون می‌کنند. امّا این تصور اشتباه است، چیزی که در این آزمون صدبار انجام می‌گیرد در واقع یك آزمایشِ واحد نیست، زیرا موارد متوالی این آزمایش از جهات مختلف با هم فرق دارند، مثلاً فاصلهٔ دستگاه از ماه، احتمالاً دمای منبع نور، فشار هوا، و غیره. آنچه «ثابت نگاه داشته می‌شود» منحصر است به مجموعهٔ خاصی از شرایط، که از آن جمله است زاویهٔ تابش و یك جفت محیط مُعیَّن. وحتی اگر در این شرایط از دو سه آزمایش اوّل یك مقدار معین برای $\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$ به دست آید، از لحاظ منطقی هیچ استبعاد ندارد که از آزمایشهای بعدی، در همان شرایط، مقدار دیگری برای این نسبت به دست آید. بنابراین، حتی در این حالت، تکرار آزمونهایی که نتیجهٔ مساعد دارند بر تأییدشدگی فرضیه می‌افزاید، هر چند مقدار آن بسیار کمتر از تأییدی است که از آزمونی با موارد متنوعّتر حاصل می‌شود.

در اینجا به یاد می‌آوریم که زملوایز واقعیات متنوع بسیاری را ذکر کرد که از فرضیهٔ نهایی او پشتیبانی می‌کردند. در بسیاری از موارد، تنوع یافته‌های تجربی که از نظریه‌ای پشتیبانی می‌کنند حیرت‌آور است. مثلاً نظریهٔ نیوتن در مورد گرانِش و حرکتْ قوانین زیر را ایجاب می‌کند: قانون سقوط آزاد، قانون آونگ ساده، قانون حرکت ماه به دور زمین و حرکت سیّارات به دور خورشید، قانون مدار ستاره‌های دنباله‌دار و ماهواره‌های ساختهٔ دست انسان، قانون حرکت ستاره‌های دوگانه به دور یکدیگر، قانون پدیده‌های کَشَنْدی و بسیاری قوانین دیگر؛ و همهٔ یافته‌های تجربی و آزمایشی متنوعی که این قوانین را تأیید می‌کنند از نظریهٔ نیوتن هم پشتیبانی می‌کنند.

با توجه به بحث زیر، که به مثال ما دربارهٔ آزمونهای گوناگون قانون اسنل مربوط می‌شود، شاید بتوان تا حدودی پی برد که چرا عامل تنوع شواهد در تأییدشدگی فرضیه‌ها، این قدر اهمیت دارد. فرضیهٔ مورد آزمون- که ما برای اختصار آن را S می‌نامیم- به هر جفت محیط نوری مربوط می‌شود، و می‌گوید که مقدار $\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$، در مورد هر جفت محیط، به ازای همهٔ زوایای تابش و شکست یکسان است. حال اگر S

غلط باشد، هر چه مجموعهٔ آزمایشهای ما در دایرهٔ امکاناتی که تحت این قانون قرار می‌گیرند بیشتر جولان دهد، احتمال یافتن یك مورد نامساعد بیشتر خواهد شد. می‌توان گفت که دستهٔ اول از آزمایشهای ما، در واقع، فرضیهٔ S_1 را می‌آزماید که فقط بخشی از قانون اسنل را بیان می‌کند- یعنی می‌گوید که اگر محیطهای ما هوا و آب باشند و زاویهٔ تابش α، ۳۰° باشد، مقدار $\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$ ثابت است. بنابراین اگر S_1 درست و S نادرست باشد، دستهٔ اول از آزمایشهای ما هیچ‌گاه نمی‌تواند نادرستی S را آشکار کند. همچنین دستهٔ دوم از آزمایشها فرضیه‌ای چون S_2 را می‌آزماید، که گرچه مضمونش غنی‌تر از S_1 است، امّا هنوز به S نمی‌رسد- S_2 می‌گوید که اگر محیطهای ما هوا و آب باشند، مقدار $\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$ برای همهٔ مقادیر α و βهای وابستهٔ بدانها، ثابت است. پس اگر S_2 درست و S نادرست باشد، با نوع آزمایشهای دستهٔ دوم هم نمی‌توان به این موضوع پی برد. پس می‌توان گفت که دستهٔ سوم از آزمایشهای ما قانون اسنل را کاملتر می‌آزماید، و بنابراین مساعدبودن نتیجهٔ آن، این قانون را بیشتر پشتیبانی می‌کند.

برای اینکه باز هم بیشتر به قدرت شواهد متنوع پی ببریم، این نکته را تذکر می‌دهیم که اگر از راه تغییردادن دمای محیطهای نوری، یا با به کاربردن نورهای تکرنگ با طول موجهای مختلف، تنوع شواهد را بیش از این افزایش دهیم، در می‌یابیم که قانون اسنل، به شکل کلاسیك آن که در بالا ذکر شد، در واقع نادرست است.

امّا راستی، نکند ما در اهمیت تنوع شواهد اغراق کرده باشیم، زیرا به هر حال می‌توان گفت که بعضی از شیوه‌های افزودن بر تنوع بیفایده است، چون نمی‌توانند تأیید شدگی فرضیه را بیشتر کنند. اگر مثلاً در دستهٔ اول از آزمونهای قانون اسنل می‌کوشیدیم با انجام‌دادن آزمایش در جاهای مختلف، در مواقع مختلف ماه قمری، و به دست اشخاصی که رنگ چشمشان با هم فرق داشته باشد، بر تنوع بیفزاییم، این داوری درست بود. امّا اگر اصلاً نمی‌دانستیم، یا بسیار کم می‌دانستیم، که چه عواملی می‌توانند بر پدیده‌های نوری تأثیر کنند، آنگاه امتحان کردن این حالات کار معقولی بود. مثلاً در زمانی که آزمایش پوی دو دوم انجام گرفت، آزمایشگران درست نمی‌دانستند که جز ارتفاع چه عواملی ممکن است بر طول ستون جیوهٔ فشارسنج تأثیر داشته باشد، ووقتی شوهرخواهر پاسکال و دستیاران او آزمایش توریچلی را بر قلهٔ کوه انجام دادند و دیدند که طول ستون جیوه در حدود ۷ سانتی‌متر کمتر از طول آن در دامنهٔ

کوه است، تصمیم گرفتند که با تغییردادن شرایط به شیوه‌های گوناگون آزمایش را در همان جا و همان زمان تکرار کنند. پریه در گزارش خود می‌نویسد: «بنابراین همان کار را پنج بار دیگر، با دقت زیاد و در جاهای مختلف روی قلهٔ کوه تکرار کردم: یك بار زیر سقف نمازخانهٔ کوچکی که در آنجاست، یك بار در هوای آزاد، یك بار در زیر سرپوش، یك بار در معرض باد، یك بار در هوای خوب، و یك بار در باران و مهی که گاهی ما را در آنجا فرا می‌گرفت. و هر بار سعی می‌کردم که لوله کاملاً از هوا خالی باشد؛ و در همهٔ این آزمونها دیدم که ارتفاع جیوه همان است که بود...؛ این نتیجه کاملاً مرا راضی کرد.»[2]

بنابراین، اگر برخی از شیوه‌های تغییر شواهد را مهم و برخی دیگر را بیفایده می‌خوانیم، به این دلیل است که ـ شاید در نتیجهٔ پژوهشهای قبلی ـ از پیش در مورد تأثیر احتمالی عواملی که تغییر می‌دهیم بر پدیده‌ای که فرضیه به آن مربوط می‌شود، تصورات و مفروضاتی داریم.

و گاهی که در این گونه تصورات و مفروضات قبلی تردید می‌شود، و در نتیجه گونه‌هایی از آزمایش وارد کار می‌شوند که بنابر مذهب مختار بیفایده شمرده می‌شوند، ممکن است یك کشف انقلابی صورت گیرد. نمونهٔ بارز این امر، سقوط یکی از فرضهای قبلی اساسی فیزیك، یعنی اصل همپایگی، در همین اواخر است. به موجب این اصل، قوانین طبیعت فرقی میان چپ و راست نمی‌شناسند؛ اگر یك نوع فرایند طبیعی ممکن باشد (یعنی اگر قوانین طبیعت وقوعِ آن را ممتنع ندانند)، تصویر آینه‌ای آن (یعنی همان فرایند به صورتی که در آینه دیده شود)، که در آن جای راست و چپ با هم عوض می‌شود، نیز شدنی است. در سال ۱۹۵۶ میلادی، لی[3] و یانگ[4]، که می‌خواستند برخی از یافته‌های آزمایشیِ نامتعارف را در مورد ذرّات بنیادی تبیین کنند، گفتند که اصل همپایگی در موارد خاصی نقض می‌شود، و چیزی نگذشت که آزمایش فِرضیهٔ جسورانهٔ آنها را کاملاً تأیید کرد.

گاهی می‌توان با افزودن بر دقت مشاهدات و اندازه‌گیریهایی که در آزمونی دخالت دارند، بر دقت آن آزمون، و در نتیجه بر اعتبار نتایج آن، افزود. مثلاً فرض یگانگی جرم

2. W.F. Magie, ed., *A Source Book in Physics*, p. 74.

3. Lee　　4. Yang

لَختی و جرم گرانشی[5] ـ که مثلاً برابری شتاب اجسامی با ترکیبات شیمیایی متفاوت در سقوط آزاد بر درستی آن دلالت دارد ـ در این اواخر دوباره با روشهای بسیار دقیق آزموده شده است. و نتایج آزمایش، که تاکنون به سود این فرضیه بوده، تأییدشدگی آن را بمراتب افزایش داده است.

۲.۴ تأیید با نتایج آزمونی «جدید»

هنگامی که برای تبیین پدیده‌های مشاهده شدهٔ معین فرضیه‌ای طرح می‌کنیم، البته آن را طوری می‌سازیم که وقوع آن پدیده‌ها را ایجاب کند؛ بنابراین، واقعیاتی که آن فرضیه باید تبیین کند جزءِ شواهد مُؤیّد آن محسوب می‌شوند. امّا بسیار مطلوب است که فرضیهٔ علمی را شواهد «جدید» نیز تأیید کنند ـ یعنی شواهدی که هنگام تنظیم فرضیه شناخته نبوده‌اند یا به حساب نیامده‌اند. و در واقع بسیاری از فرضیه‌ها و نظریه‌های علوم طبیعی را این گونه پدیده‌های «جدید» پشتیبانی کرده‌اند و در نتیجه بر میزان تأییدشدگی آنها افزوده‌اند.

این نکته را مثالی که به ربع آخر قرن نوزدهم میلادی تعلق دارد، بخوبی روشن می‌کند. در آن زمان دانشمندان می‌کوشیدند تا در میان آشوبی که در طیف جذبی و نشری گازها می‌دیدند نظم و سامانی یابند. در سال ۱۸۸۵ معلّم مدرسه‌ای اهل سویس به نام ژ. ژ. بالمر[6] فرمولی پیشنهاد کرد که به نظر او چنین نظمی را برای رشته‌ای از خطوط در طیف نشری هیدروژن بیان می‌کرد. او بر اساس اندازه‌گیریهایی که انگشتروم[7] برای چهار تا از آن خطوط انجام داده بود، فرمول زیر را ساخت:

$$\lambda = b\frac{n^2}{n^2-2^2}$$

۵. در نظریهٔ گرانش نیوتنی دو نوع جرم هست، یکی جرمی که در فرمول گرانش عمومی ($F=Gm_1m_2\ r^2$) وارد می‌شود و "جرم گرانشی" نام دارد و دیگری جرمی که در قانون دوم نیوتن ($F=ma$) هست و "جرم لختی" نامیده می‌شود. جرم گرانشی خصوصیتی از جسم است که میدان گرانشی را ایجاد می‌کند یا از آن اثر می‌پذیرد، امّا جرم لختی جلوهٔ خصوصیتی از جسم است که در برابر تغییر حالت حرکت مقاومت می‌کند، بنابراین یکی بودن این دو به هیچ‌وجه بدیهی و مسلّم نیست. در نظریهٔ نیوتنی فرض می‌شود که این دو کمیت برابر (و در واقع متناسب) اند، و این تناسب را آزمایشهای گوناگون تأیید می‌کند. در نظریهٔ نسبیت عام تساوی و یگانگی جرم لختی و جرم گرانشی یك اصل بنیادی است.ـ م.

6. J.J. Balmer　　7. Anders Jonas Ångström

که در آن b ثابتی است که بالمر مقدار آن را از راه آزمایش ۳۶۴۵ر۶ Å (انگشتروم) تعیین کرد، و n عدد صحیحی است بزرگتر از ۲. برای ۶, ۵, ۴, ۳=n از این فرمول مقادیری به دست می‌آید که به مقادیری که انگشتروم اندازه گرفته بود بسیار نزدیك است؛ امّا بالمر عقیده داشت که مقادیر دیگر[ی که از این فرمول به دست می‌آید] هم معرف طول موجهای خطوطی در طیف هیدروژن هستند که هنوز اندازه‌گیری نشده‌اند، یا هنوز یافته نشده‌اند. او خبر نداشت که در همان زمان به خطوط دیگری پی برده‌اند و آنها را اندازه‌گیری کرده‌اند. تاکنون ۳۵ خط متوالی از رشته‌ای که به رشتهٔ بالمر برای اتم هیدروژن معروف است تشخیص داده شده و طول موج همهٔ آنها با مقادیری که فرمول بالمر پیش‌بینی کرده است بخوبی موافقت دارد.[۸]

طبیعی است که وقتی فرضیه‌ای واقعیات «جدید» را با چنین دقتی پیش‌بینی کند، و آن واقعیات آن را به صورتی حیرت‌آور تأیید کنند، بر اعتبار آن فرضیه در چشم ما بسیار افزوده می‌شود، امّا در این مورد مشکل گیج‌کننده‌ای پیش می‌آید. تصور کنید که فرمول بالمر هنگامی ساخته می‌شد که ۳۵ خطی که ما امروزه در این رشته می‌شناسیم بدقّت اندازه‌گیری شده بود. در این حالت خیالی هم، یافته‌های آزمایشیی که در اختیار داریم به اندازهٔ همان یافته‌هایی است که برخی از آنها پیش از ساخته‌شدن فرمول بالمر و بیشتر آنها پس از آن، از راه اندازه‌گیری، به دست آمده است. آیا درجهٔ تأییدشدگی فرمول بالمر را در این حالت خیالی باید کمتر از حالت واقعی دانست؟ ظاهراً معقول به‌نظر می‌رسد که به این پرسش جواب مثبت بدهیم، به این دلایل: برای هر مجموعه‌ای از داده‌های کَمّی می‌توان فرضیه‌ای ساخت که آنها را شامل باشد، همچنانکه برای هر مجموعهٔ متناهی از نقاط می‌توان منحنی همواری رسم کرد که همه را در بر بگیرد. پس ساخته‌شدن فرمول بالمر در این حالت خیالی چیز عجیبی نیست. چیزی که در هر فرضیه درخور توجه است و بر وزن و اعتبار آن می‌افزاید، این است که با موارد «جدید» هم تطبیق کند، و فرضیهٔ بالمر در حالت واقعی افتخار این توفیق را به دست می‌آورد، نه در این حالت خیالی. امّا در جواب این استدلال می‌توان گفت که حتّی در حالت خیالی

---

۸. توضیح روشن کامل این موضوع را، که این بحث کوتاه بر آن متکی است، در فصل ۳۳ از کتاب زیر می‌توان یافت:

G. Holton and D.H.D. Roller, *Foundations of Modern Physical Science* (Reading, Mass.: Addison-Wesley Publishing Co., 1958).

هم فرمول بالمر فقط فرضیه‌ای نیست که برای تطابق با ۳۵ طول موجِ اندازه‌گیری شده سَرهَم شده باشد و هیچ امتیاز دیگری نداشته باشد؛ بلکه این فرضیه از لحاظ صوری سادگی شگفت‌آوری دارد، و همینکه این فرمول ۳۵ طول موج را تحت یك رابطهٔ سادهٔ ریاضی در می‌آورد به آن اعتباری می‌بخشد که فرمول پیچیده‌ای که همان داده‌ها را در خود جای دهد از آن برخوردار نیست. این اندیشه را به صورت هندسی هم می‌توان بیان کرد: اگر بتوانیم مجموعهٔ نقاطی را که نتایج اندازه‌گیریهایی را نشان می‌دهند با منحنی ساده‌ای به هم وصل کنیم، اعتقاد ما به اینکه به قانونی کلّی و نهایی پی برده‌ایم خیلی بیشتر از وقتی است که آن منحنی پیچیده باشد و هیچ نظم محسوسی در آن دیده نشود. (این مفهوم سادگی را بعداً در همین فصل با تفصیل بیشتر بررسی خواهیم کرد.) علاوه بر این، از دیدگاه منطقی، میزان پشتیبانی داده‌ها از فرضیه فقط به ماهیت آن داده‌ها و حرفی که در آن فرضیه مندرج است بستگی دارد، و این مسأله را که آیا اوّل به داده‌ها دست یافته‌ایم یا به فرضیه، چون صرفاً یك مسألهٔ تاریخی است، نمی‌توان در تأییدشدگی فرضیه مؤثر شمرد. مفهوم اخیر، در نظریه‌های آماریی که بتازگی دربارهٔ آزمونگری ساخته شده، و نیز در تحلیلهای منطقیی که اخیراً از تأیید و استقراء شده ـ و در آخر این فصل اشارهٔ کوتاهی به آن خواهیم داشت ـ قطعاً مستتر است.

۳.۴ پشتیبانی نظری

لزومی ندارد که پشتیبانان فرضیه‌ها همه از نوع شواهد استقراییی باشد که تاکنون بررسی کرده‌ایم، یعنی لزومی ندارد که همه ـ یا حتی برخی از آنها ـ از نوع داده‌هایی باشد که نتایج آزمودنی مستخرج از آن فرضیّه‌ها را تأیید می‌کند. گاهی فرضیه‌ای «از بالا» پشتیبانی می‌شود، یعنی پشتیبان آن فرضیه یا نظریهٔ فراگیری است که آن فرضیهٔ خاص را ایجاب می‌کند، و خود آن را هم شواهد جداگانه‌ای تأیید می‌کند. برای توضیح این مطلب، ابتدا قانون فرضی سقوط آزاد در سطح ماه، یعنی $s=$ ۰ر۸۱۷t^2 را بررسی می‌کنیم. این قانون، هرچند هیچ یك از نتایج آزمودنیش از راه آزمایش در سطح ماه آزموده نشده است، پشتیبانی نظری نیرومندی دارد، زیرا به طریق قیاسی از نظریهٔ نیوتن در مورد گرانش و حرکت (که مجموعهٔ بسیار متنوعی از شواهد آن را سخت پشتیبانی می‌کنند) و این معلومات که شعاع ماه ۲۷۲ر۰ شعاع زمین و جرم آن ۰۱۲۳ر۰

جرم زمین و شتاب گرانشی در سطح زمین ۹٫۸۱ متر بر مجذور ثانیه است، به دست می‌آید.

همچنین، هرگاه نظریه‌ای که شواهد استقرایی پشتیبانیش می‌کنند از بالا هم به صورت قیاسی پشتیبانی شود، بر میزان تأییدشدگی آن افزوده می‌شود. یکی از نمونه‌های این قضیه فرمول بالمر است. بالمر پیش‌بینی کرده بود که احتمالاً طیف هیدروژن رشته‌خطهای دیگری هم دارد، و نیز گفته بود که شاید طول موجهای این خطوط از صورت تعمیم‌یافتهٔ فرمول او، یعنی

$$\lambda = b\frac{n^{2}}{n^{2}-m^{2}}$$

تبعیت کند، که در آن m عدد صحیح مثبتی است و n هر عدد صحیح بزرگتر از ۲ است. به‌ازای $m=۲$ از این فرمول کلی، فرمول بالمر به‌دست می‌آید، و به‌ازای $m=۱،۳،۴،\ldots$ رشته‌خطهای جدیدی حاصل می‌شود. بعدها با پژوهشهای آزمایشی در ناحیه‌های نامرئی فرابنفش (ماوراءبنفش) و فروسرخ (مادون قرمز) طیف هیدروژن وجود رشته‌هایی که با $m=۱، ۳، ۴، ۵$ متناظراند مُسَلَّم شد؛ بدین طریق فرضیهٔ کلی‌تری که قانون اصلی بالمر یکی از حالات خاص آن است از پشتبانی قوی شواهد برخوردار شد، و فرمول اصلی بالمر هم از این ناحیه پشتیبانی قیاسی به دست آورد. در ۱۹۱۳ بور[9] نشان داد که فرمول تعمیم یافته ـ و فرمول اصلی بالمر نیز ـ از نظریهٔ او دربارهٔ اتم هیدروژن به دست می‌آید؛ این بار فرمول بالمر از پشتیبانی قیاسی یك نظریه برخوردار شد. بدین‌طریق با جای گرفتن در متن مفاهیم نظریهٔ کوانتومی ـ که پلانك و اینشتین و بور پرورده بودند و گذشته از اندازه‌گیریهای طیف‌نگارانه که فرمول بالمر را پشتیبانی استقرایی می‌کرد از حمایت شواهد متنوع دیگری هم بهره‌مند بود ـ فرمول بالمر پشتیبان قویتری، یافت.

روی دیگر سکه این است که اگر فرضیه‌ای با نظریات تأیید شده و مقبول زمان معارض باشد، اعتبار آن بسیار پایین می‌آید. در *گزارش پزشکی نیویورك*[10] در سال ۱۸۷۷، شخصی به نام دکتر کالْدوِل[11] اهل آیوا[12] نبش قبری را گزارش کرده که مدعی است شاهد عینی آن بوده است. او گفته است که موهای سر وریش میّت، که هنگام دفن

9. Niels Bohr
10. *New York Medical Report*
11. Dr. Caldwell
12. Iowa

تازه تراشیده شده بود، به حدی رشد کرده بود که تابوت را شکافته و از درزهای آن بیرون زده بود. این داستان را، گرچه گویندهٔ آن مدعی است که به چشم خود دیده است، باید بی‌تأمل رد کرد، زیرا با یافته‌های مُسَلّم ما دربارهٔ رشد موی انسان پس از مرگ تعارض دارد.

بحثی هم که پیش از این دربارهٔ ادعای اهرن هافت در مورد کشف بارهای کمتر از بار الکترون کردیم، نشان می‌دهد که در اُفتادن با نظریه‌ای که پشتیبانی وسیع دارد، به زیان یك فرضیه است.

امّا در استفاده از اصلی که در اینجا به آن اشاره شد باید احتیاط و خویشتن‌داری به‌خرج داد، زیرا در غیر این صورت با استفاده از آن می‌توان هر نظریهٔ مقبولی را از سقوط نجات داد؛ بدین معنی که بر هر یافتهٔ مخالفی می‌توان برچسب تعارض با یك نظریهٔ پذیرفته شده زد و آن را رد کرد. امّا علم دوست ندارد که به این راه برود، علم نمی‌خواهد که از مفاهیم محبوب خود در برابر هر شاهد مخالفی دفاع کند، بلکه می‌خواهد به مجموعهٔ فراگیری از معارف موثق تجربی دست یابد که به صورت نظامی از گزاره‌های تأیید شدهٔ تجربی بیان شده باشد، و برای این منظور آماده است هر نظریه‌ای را که تاکنون پذیرفته است اصلاح کند یا رها سازد. امّا یافته‌هایی که می‌خواهند یك نظریهٔ استوار را از جا بکنند باید وَزین باشند، و بویژه نتایج تجربی بنیانکن باید تکرارپذیر باشند. حتی اگر معلوم شود که نظریهٔ نیرومند و سودمندی با «پدیده»هایی که از راه آزمایش تکرار شدنی‌اند مخالف است، باز هم ممکن است استفاده از آن، در حوزه‌هایی که گمان نمی‌رود مشکلی ایجاد کند، ادامه یابد. مثلاً اینشتین هنگامی که برای تبیین پدیده‌هایی چون پدیدهٔ فوتوالکتریك نظریهٔ کوانتومهای نور را عرضه کرد، گفت که شاید برای نظریهٔ امواج الکترومغناطیسی، در بررسی پدیده‌هایی چون بازتاب و شکست و قُطبِش نور، هرگز جانشینی یافت نشود؛ و هنوزهم آن نظریه در این حوزه‌ها به کار می‌رود. نظریهٔ جامع‌الاطرافی که در حوزه‌های مختلف کفایت خود را ثابت کرده باشد معمولاً هنگامی رها می‌شود که نظریه‌ای رضایتبخش‌تر از آن در دسترس باشد، و دست‌یافتن به نظریه‌های خوب کار ساده‌ای نیست.[13]

۱۳. دربارهٔ این نکته در کتاب کونانت، *علم و فهم متعارف*، فصل ۷، با اشاره به نظریهٔ فلوژیستون به نحو ←

۴.۴ سادگی

جنبهٔ دیگری که در پذیرفتنی بودن فرضیه‌ای مؤثر است، سادگی آن در مقایسه با فرضیه‌های دیگری است که می‌توانند همان پدیده‌ها را تبیین کنند.

یك مثال ساده را در نظر می‌گیریم. فرض کنید که از بررسی یك نوع دستگاههای فیزیکی خاص (قیفاووسیها، فنرهای فلزی کِش‌آیند، مایعات لزج، یا هر چیز دیگر) این اندیشه به ذهن ما راه بیابد که یکی از خصوصیات کَمّی آن دستگاهها، v، احتمالاً تابع خصوصیت دیگر، u، است. و بنابراین آن را می‌توان تنها از روی u تعیین کرد (به همان صورت که زمان تناوب آونگ تابع طول آن است). از این رو سعی می‌کنیم تابعی بسازیم که صورت ریاضی دقیق این وابستگی را بیان کند. قبلاً موارد بسیاری را که u در آنها مقادیر ۰، ۱، ۲، ۳ را داشته آزموده‌ایم و مقدار v را همیشه، بترتیب، ۲، ۳، ۴، ۵ به دست آورده‌ایم. همچنین فرض کنید که دربارهٔ این دستگاهها هیچ نوع اطلاع قبلی نداریم، تا بر پایهٔ آن بتوانیم شکل ارتباط تابعی میان u و v را حدس بزنیم، و نیز فرض کنید که بر پایهٔ این داده‌ها، سه فرضیهٔ زیر به ما داده شده باشد:

$$H_1: v = u^4 - 6u^3 + 11u^2 - 5u + 2,$$
$$H_2: v = u^5 - 4u^4 - u^3 + 16u^2 - 11u + 2 \text{ و}$$
$$H_3: v = u + 2.$$

هر یك از این سه تابع با داده‌های ما سازگار است، یعنی به هر یك از چهار مقدار u که آزموده‌ایم، درست مقدار متناظری را که برای v به دست آورده‌ایم نسبت می‌دهد. به زبان هندسی، اگر سه فرضیه را در یك دستگاه مختصات مسطح رسم کنیم، هر یك از سه منحنیی که به دست می‌آید از نقاط (۰،۲)، (۱،۳)، (۲،۴)، و (۳،۵) می‌گذرد.

حالا اگر، چنانکه فرض کردیم، هیچ گونه اطلاع قبلی نداشته باشیم که ما را به انتخاب شق دیگری سوق دهد، بی شك H_3 را بر H_1 و H_2 ترجیح می‌دهیم؛ به این دلیل که ساده‌تر از دو فرضیهٔ دیگر است. از این ملاحظات چنین برمی‌آید که اگر دو فرضیه

→ جالبی بحث شده است. توماس کوهن در کتاب خود نظری کلی دربارهٔ پیدایش و زوال نظریه‌های علمی بیان داشته است:

T.S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions* (Chicago: The University of Chicago Press, 1962).

داشته باشیم که هر دو با داده‌های معینی تطابق داشته باشند، و از جهات دیگری که در تأییدشدگی آنها تأثیر دارد اختلافی نداشته باشند، آنکه ساده‌تر است پذیرفتنی‌تر به حساب می‌آید.

برای بیان مناسبت این مفهوم حتی در مورد نظریه‌های تمام عیار، غالباً نظریهٔ خورشیدمرکزی کوپرنیك را مثال می‌آورند که از نظریهٔ زمین مرکزی، که پیش از آن وجود داشت، بسیار ساده‌تر بود ـ یعنی از نظریهٔ بطلمیوس که گرچه دقیق و بدیع بود، امّا «وجود افلاك حامل و تدویر، با شعاعها و سرعتها و میلهای متفاوت، و خروجِ مرکزهایی با اندازه‌ها و امتدادهای مختلف، آن را بسیار پیچیده کرده بود».[۱۴]

اگرچه سادگی در علم ارزش بسیار دارد، امّا پیدا کردن معیارهای مناسبی برای سادگی، و نیز یافتن دلیل برتری نظریه‌ها و فرضیه‌های ساده برغیر آنها، کار آسانی نیست.

البته هر معیاری برای سادگی باید عینی باشد؛ یعنی نباید به جاذبهٔ فرضیه یا نظریه در نظر اول، یا به سهولت درك و به خاطر سپردن آن، مربوط شود؛ زیرا این عوامل از شخصی به شخص دیگر فرق می‌کنند. در مورد فرضیه‌های کمّی مثل H_1، H_2، H_3، ممکن است چنین تصور شود که می‌توان دربارهٔ سادگی آنها بر پایهٔ منحنی نمودار هر یك حکم کرد: در دستگاه مختصات متعامد، نمودار H_3 یك خط راست است، امّا نمودارهای H_1 و H_2 منحنیهای پیچیده‌تری هستند که از آن چهار نقطه می‌گذرند. امّا این معیار بی پایه به نظر می‌آید، زیرا اگر فرضیه را در مختصات قطبی در نظر بگیریم، و u را زاویهٔ قطبی و v را بردار شعاعی فرض کنیم، H_3 یك مارپیچ را نشان می‌دهد و حال آنکه تابع نمایش‌دهندهٔ یك خط راستِ «ساده» به هیچ‌وجه ساده نیست.

اگر تمام توابع ما به شکل چندجمله‌ای باشند، توان چندجمله‌ای را می‌توان شاخص پیچیدگی آن شمرد، و مثلاً H_2 را از H_1 و H_1 را از H_3 پیچیده‌تر دانست. امّا اگر بخواهیم توابع مثلثاتی و توابع دیگر را هم درنظر بگیریم، معیارهای جدیدی لازم می‌شود. گاهی گفته می‌شود که در مورد نظریه‌ها می‌توان تعداد *فرضهای اصلی* آنها را معیار

14. E. Rogers, *Physics for the Enquiring Mind* (Princeton; Princeton University Press), p. 240;

فصلهای ۱۴ و ۱۶ این اثر حاوی توصیف دقیق این دو نظام و مقایسهٔ آن دو است؛ در این مقایسه کفهٔ سادگی به سود نظریهٔ کوپرنیکی می‌چربد، و نیز نشان داده می‌شود که نظریهٔ کوپرنیکی می‌توانست واقعیات بسیاری را که در زمان کوپرنیك شناخته بود و توضیح آنها از نظریهٔ بطلمیوس ساخته نبود، توضیح دهد.

پیچیدگی شان دانست، امّا فرضها را به شیوه‌های گوناگون می‌توان تجزیه یا یك کاسه کرد، و هیچ راه بی‌ابهامی برای شمارش فرضها وجود ندارد. مثلاً می‌توان گفت که این فرض که «از دو نقطه درست یك خط راست می‌گذرد» در واقع دو فرض را بیان می‌کند، یکی اینکه دست کم یك خط می‌گذرد و دیگر اینکه بیش از یکی نمی‌گذرد. و حتی اگر بر سر شمارش فرضها همسخن باشیم، چون ممکن است فرضهای مختلف در پیچیدگی با هم فرق داشته باشند، باید به جای شمارش سادهٔ آنها، شمارش موزون انجام دهیم. همین نکات در مورد این پیشنهاد هم که شمارهٔ *مفاهیم اصلی* را شاخص پیچیدگی بگیریم، صادق است. منطقدانان و فیلسوفان در سالهای اخیر به مسألهٔ معیار سادگی توجه فراوان کرده‌اند، و در این میان نتایج جالبی به دست آمده است، امّا هنوز هیچ خصوصیتی که سادگی را مشخص کند، و در مورد آن همه یکسخن باشند، به دست نیامده است. با این حال، چنانکه از مثالهای بالا برمی‌آید، مواردی هست که پژوهشگران، حتی بی‌آنکه معیار صریحی داشته باشند، در اینکه از دو فرضیهٔ رقیب کدام یك را ساده‌تر بشمارند توافق اصولی دارند.

معضل دیگری که در مورد سادگی وجود دارد توجیه آن است: به چه دلیل باید از به اصطلاح *اصل سادگی* تبعیت کرد؟ یعنی از این اصل که از دو فرضیه یا نظریه که از جهات دیگر به یك اندازه تأیید شده باشند، باید ساده‌تر را برگزید و پذیرفتنی‌تر دانست.

بسیاری از دانشمندان بزرگ معتقد بوده‌اند که قوانین بنیادی طبیعت ساده است، اگر این مطلب مُسلَّم می‌بود، می‌توانستیم بگوییم که از دو فرضیهٔ رقیب، آنکه ساده‌تر است احتمال درستیش هم بیشتر است. امّا خود این فرض که قوانین طبیعت ساده‌اند، دست کم به اندازهٔ درستی اصل سادگی جای چون‌وچرا دارد، و بنابراین نمی‌تواند توجیه آن به شمار آید.

بعضی از فیلسوفان و دانشمندان ـ مثل ماخ[15] و آوِناریوس[16] و اُشتْوالد[17] و پیرسون[18] ـ گفته‌اند که علم در پی آن است که طبیعت را به صورتی اقتصادی و صرفه‌جویانه توصیف کند، و گفته‌اند که فرضیه‌های کلیی که ظاهراً قوانین طبیعت را بیان می‌کنند در واقع تعبیه‌های فکر برای صرفه‌جویی‌اند، و کارشان این است که تعداد

15. Ernst Mach 16. Richard Avenarius 17. Friedrich Wilhelm Ostwald
18. Karl Pearson

بیشماری از موارد مجزّا و منفرد را فشرده کنند (مثلاً: موارد بسیار سقوط آزاد) و به‌صورت یك فرمول ساده در آورند (مثلاً: قانون گالیله). از این دیدگاه، کاملاً معقول به‌نظر می‌رسد که از میان چند فرضیهٔ رقیب ساده‌ترین آنها را اختیار کنیم. امّا این حرف هنگامی می‌تواند قانع کننده باشد که کار ما انتخاب یك توصیف *از میان چند توصیف که همه به مجموعهٔ واحدی از واقعیات مربوط می‌شوند*، باشد. امّا هنگامی که از چند فرضیهٔ رقیب، مثل H_1 و H_2 و H_3، یکی را برمی‌گزینیم، در واقع پیشگوییهای آن را هم دربارهٔ مواردی که هنوز آزموده نشده‌اند، اختیار می‌کنیم؛ و فرضیه‌ها از این حیث با هم اختلاف کلی دارند. مثلاً به ازای $u=4$، فرضیه‌های H_1 و H_2 و H_3 بترتیب مقادیر ۱۵۰ و ۳۰ و ۶ را برای v پیش‌بینی می‌کنند. درست است که H_3 از لحاظ ریاضی از رقبایش ساده‌تر است، امّا چه دلیلی داریم که احتمال درستی آن را بیشتر بدانیم؟ یعنی چه دلیل دارد که انتظارمان را دربارهٔ مورد $u=4$، که هنوز آزموده نشده است، بر H_3 بنیاد کنیم، نه بر دو فرضیهٔ دیگر که داده‌های موجود را با همان دقت شامل می‌شوند؟

رایشنباخ[19] جواب جالبی به این پرسش داده است. استدلال او، به اختصار، چنین است: فرض کنید که در موردی که در دست داریم v در واقع تابعی از u باشد، یعنی $v=f(u)$. و نیز چنین بینگارید که g نمودار این تابع در یك دستگاه مختصات دلخواه باشد (مهم نیست که چه دستگاهی را انتخاب می‌کنیم). مُسلَّم است که دانشمندی که مقادیر متناظر دو متغیر را اندازه می‌گیرد، نمی‌داند که تابع f واقعی چیست و نمودار آن کدام است. فعلاً، برای سهولت استدلال، فرض می‌کنیم اندازه‌گیریهای او دقیق است و او به نقطه‌ـ داده‌هایی دست می‌یابد که روی منحنی «واقعی» g قرار دارند. حال فرض کنید که این دانشمند، بر طبق اصل سادگی، ساده‌ترین منحنیی را که از این نقاط می‌گذرد ـ یعنی منحنیی که در نظر اول از همه هموارتر است ـ رسم کند. این منحنی، که اسمش را g_1 می‌گذاریم، احتمال دارد که از منحنی واقعی بسیار انحراف داشته باشد، گرچه دست کم در نقطه‌ـ داده‌های اندازه‌گیری شده با آن شریك است. امّا همچنان که این دانشمند نقطه‌ـ داده‌های دیگری را اندازه می‌گیرد و ساده‌ترین نمودارهای دیگری چون g_2، g_3، g_4،... را رسم می‌کند، این نمودارها هرچه بیشتر به منحنی واقعی g میل

19. H. Reichenbach, *Experience and Prediction* (Chicago: The University of Chicago Press, 1938), section 42.

می‌کنند و توابع f_2، f_3، f_4،...، که نظیر آنها هستند، هرچه بیشتر به تابع واقعی f نزدیك می‌شوند. بنابراین نمی‌توان تضمین کرد که با رعایت اصل سادگی می‌توان در یك مرحله، یا حتی در چندین مرحله، به تابع f رسید؛ امّا اگر یك ارتباط تابعی میان u و v وجود داشته باشد، با این طرز عمل می‌توان بتدریج به تابعی رسید که با هر تقریبی که می‌خواهیم به تابع واقعی نزدیك باشد.

استدلال رایشنباخ، که در اینجا به صورت ساده‌ای بیان شده، استدلال بدیعی است ولی قدرت آن محدود است؛ زیرا هر قدر هم که عمل ساختن نمودارها و تابعهای متوالی را ادامه داده باشیم، این دستورِ عمل به هیچ‌وجه به ما نمی‌گوید که تا چه اندازه به تابع واقعی نزدیك شده‌ایم- البته به شرط آنکه چنین تابعی وجود داشته باشد (چنانکه قبلا توجه کردیم، ممکن است چنین بنماید که حجم مقداری گاز تنها تابع دمای آن است، ولی در واقع چنین نیست). علاوه بر این، از این استدلال که پایه‌اش بر تقارب به منحنی واقعی است، می‌توان برای توجیه بعضی روشهای دیگر ترسیم نمودار استفاده کرد که در همان نظر اول پیچیدگی و نامعقول بودنشان آشکار است. مثلا به آسانی می‌توان دید که اگر هر دو نقطهٔ مجاور را با نیمدایره‌ای که قطرش خط واصل بین آن دو نقطه باشد به هم وصل کنیم، منحنیهای حاصل سرانجام به منحنی واقعی- اگر چنین منحنیی وجود داشته باشد- همگرا خواهند شد. امّا با وجود این توجیه، این طرز عمل را نمی‌توان وسیلهٔ موجهی برای ساختن فرضیه‌های ممکن دانست. البته، بعضی طرز عمل‌های دیگر- مثل اینکه هر دو نقطه- دادهٔ مجاور را با یك منحنی به شکل سنجاق سر، که طولش از مقدار کمینهٔ معینی بیشتر است، به هم وصل کنیم- به این طریق توجیه‌شدنی نیستند، و با استدلال رایشنباخ می‌توان نشان داد که به نتیجهٔ مطلوب منجر نمی‌شوند. از این نظر حرف او ارزش خاصی دارد.

پوپر نظر دیگری پیشنهاد کرده است که کاملاً با این نظر متفاوت است. به نظر او، از دو فرضیه، ساده‌ترِ آن است که محتوای تجربی بیشتری داشته باشد، و می‌گوید که بنابراین هرچه فرضیه‌ای ساده‌تر باشد، آسانتر ابطال‌پذیر است (یعنی نادرست بودنش آسانتر معلوم می‌شود)- البته به شرط آنکه نادرست باشد- و این امر برای علم اهمیت فراوان دارد. زیرا علم می‌خواهد که حدسهای خود را به محك دشوارترین آزمایشها بزند و در صورتی که نادرست باشند، نادرست بودنشان را معلوم کند. او استدلال خود را چنین خلاصه می‌کند: «اگر هدف ما معرفت باشد، باید گزاره‌های ساده را بسیار بیشتر

از گزاره‌های پیچیده ارج بگذاریم، *زیرا این گزاره‌ها حرف بیشتری دارند، محتوای تجربی آنها بیشتر است، و بهتر آزمون‌پذیرند*».[20] وی به کمك دو معیار یکی بودن دو مفهوم درجهٔ سادگی و درجهٔ ابطال‌پذیری را روشنتر می‌کند. بر اساس معیار اوّل، این فرضیه که مدار سیارات دایره است از فرضیه‌ای که مدار سیارات را بیضی می‌داند ساده‌تر است، زیرا فرضیهٔ اوّل را با یافتن چهار موضع از مواضع سیاره که روی دایره‌ای قرار نداشته باشند می‌توان ابطال کرد (از سه موضع همواره یك دایره می‌گذرد)، و حال آنکه برای ابطال فرضیهٔ دوم دست کم باید شش موضع را پیدا کنیم. به این اعتبار، فرضیهٔ ساده‌تر آسانتر ابطال می‌شود، و نیز قویتر است زیرا از لحاظ منطقی مستلزم فرضیهٔ پیچیده‌تر است. از این معیار می‌توان برای روشن کردن مفهوم سادگیی که در علم مورد نظر است، استفاده کرد.

امّا پوپر گاهی هم فرضیه‌ای را ابطال‌پذیرتر، و در نتیجه ساده‌تر، از فرضیهٔ دیگر می‌داند، اگر فرضیهٔ اوّل مستلزم فرضیهٔ دوم باشد و بنابراین- به یك معنای دقیق منطقی- محتوای بیشتری داشته باشد. با این حال، یقیناً همیشه محتوای بیشتر با سادگی بیشتر همراه نیست. البته گاهی یك نظریهٔ نیرومند، مثل نظریهٔ نیوتن دربارهٔ گرانش و حرکت، را می‌توان از ردیف طولانیی از قوانین نامرتبط که دامنه‌شان هم محدودتر است، و نتایج آن به شمار می‌آیند، ساده‌تر دانست. امّا کار این نوع ساده‌سازی مطلوب، که نظریه‌ها می‌توان بدان دست یافت، فقط افزودن بر محتوا نیست. زیرا اگر دو فرضیهٔ نامرتبط (مثل قانون هوك[21] و قانون اسنل) را به هم وصل کنیم، ترکیب عطفی حاصل از هر یك از دو جزء خود پرمحتواتر است، امّا ساده‌تر نیست. همچنین از سه فرضیهٔ H_1 و H_2 و H_3 که در بالا در نظر گرفتیم هیچ یك غنی‌تر از دوتای دیگر نیست، امّا در سادگی با هم برابر نیستند. این سه فرضیه از لحاظ ابطال‌پذیری نیز با هم فرقی ندارند. زیرا هر یك از آنها که نادرست باشد، می‌توان براحتی نادرستیش را نشان داد- یعنی به کمك یك مورد مُعیَّن- مثلا جفت دادهٔ (۱۰ , ۴) هر سه فرضیه راابطال می‌کند.

بنابراین گرچه اندیشه‌های گوناگونی که در اینجا به اختصار بررسی کردیم تا

20. K.R. Popper, *The Logic of Scientific Discovery* (London: Hutchinson, 1959), p. 14
تأکید بر عبارات در اصل کتاب هم موجود است. فصلهای ششم و هفتم این کتاب، که شامل نکات روشنگر بسیاری دربارهٔ نقش سادگی در علم است، از مفاهیمی که در اینجا مورد بحث قرار داده‌ایم سخن می‌گوید.

21. Robert Hooke

اندازه‌ای علت وجودی اصل سادگی را روشن می کنند، امّا هنوز مسألهٔ تنظیم دقیق و یافتن توجیه یگانه‌ای برای این اصل حل نشده مانده است.[22]

۵.۴ احتمال فرضیه‌ها

کاوش ما در عواملی که اعتبار فرضیه‌ها را تعیین می کنند، نشان داد که اعتبار فرضیهٔ H در هر زمان معین، اگر بخواهیم دقیق سخن بگوییم، به بخشهای مناسب و مربوط کل معارف علمی آن زمان وابسته است، از جمله به همهٔ شواهدی که با آن فرضیه مناسبتی دارند و به همهٔ فرضیه‌ها و نظریه‌های مقبول زمان که به نحوی با آن فرضیه مربوط می شوند؛ زیرا چنانکه دیدیم، اعتبار H را فقط با توجه به این عوامل می توان برآورد کرد. به سخن دقیق، باید از *اعتبار یك فرضیه نسبت به مجموعهٔ معینی از معارف*، سخن بگوییم، که این مفهوم اخیر را می توان با K، که مجموعهٔ بزرگی از گزاره‌هاست، نمایش داد: K یعنی همهٔ گزاره‌هایی که علم زمان پذیرفته است.

طبعاً این پرسش پیش می آید که آیا می توان این اعتبار را با عبارات دقیق کَمّی بیان کرد، یعنی آیا می توان تعریفی ساخت که برای هر فرضیهٔ H و هر مجموعهٔ K از گزاره‌ها عددی چون $c(H,K)$ را به دست دهد که اعتبار H را نسبت به K بیان کند؟ و چون غالباً از فرضیه‌هایی با احتمال کم‌وبیش صحبت می کنیم، ممکن است به این فکر بیفتیم که آیا می‌توان این مفهوم کَمّی را طوری تعریف کرد که از همهٔ اصول اولیّهٔ نظریهٔ احتمالات پیروی کند؟ در این حالت اعتبار هر فرضیه نسبت به هر مجموعهٔ K از گزاره‌ها، عددی حقیقی خواهد بود بزرگتر از صفر و کوچکتر از یك. فرضیه‌ای که فقط به دلایل منطقی درست باشد (مثل این فرضیه: «فردا در پارك شهر یا باران می بارد یا نمی بارد») همیشه اعتبارش یك خواهد بود، و به ازای هر دو گزارهٔ H_1 و H_2 که از لحاظ منطقی مانعةالجمع باشند، اعتبار این فرضیه که از این دو یکی درست است، مساوی مجموع اعتبارهای آنها خواهد بود:

۲۲. برای خواننده‌ای که خواسته باشد در این موضوع بیشتر تحقیق کند بحثهای زیر سودمند است:
S. Barker, *Induction and Hypothesis* (Ithaca: Cornell University Press, 1957); "A Panel Discussion of Simplicity of Scientific Theories," *Philosophy of Science*, Vol. 28 (1961), 109-71; W.V.O. Quine, "On Simple Theories of a Complex World," *Synthese*, Vol. 15 (1963), 103-6.

$$c(H_1 \text{ یا } H_2, K) = c(H_1, K) + c(H_2, K)$$

برای این نوع احتمالات، نظریه‌های مختلفی پیشنهاد شده است.[23] همهٔ این نظریه‌ها کار خود را با اصول موضوعی شبیه آنچه گفتیم شروع می کنند و به بسیاری قضایای کم‌وبیش پیچیده می‌رسند که بر پایهٔ آنها می توان، به شرط *در دست‌داشتن* برخی *احتمالات*، احتمالات دیگر را حساب کرد؛ امّا از این نظریه‌ها هیچ تعریف کلی برای اعتبار یك فرضیه نسبت به مجموعه‌ای از اطلاعات معین به دست نمی‌آید.

و اگر قرار باشد که در تعریف $c(H,K)$ همهٔ عوامل مختلفی که تاکنون بررسی کرده‌ایم به حساب آید، کمترین چیزی که می‌توان گفت این است که این کار بسیار دشوار است. زیرا چنانکه دیدیم، حتی درست روشن نیست که عواملی چون سادگی فرضیه یا تنوع شواهد پشتیبان آن را چگونه می‌توان به طور دقیق مشخص کرد، چه‌رسد به اینکه بخواهیم آنها را به صورت عدد بیان کنیم.

با این حال، کارناپ اخیراً به نتایج روشنگر و پردامنه‌ای دست یافته است. وی این مسأله را در مورد زبانهای الگویی بررسی کرده است که ساختمان صوری دقیقی دارند، امّا ساختمانشان از زبانی که در کار علم لازم است بسیار ساده‌تر است. وی روش کلیی فراهم کرده است که، به اصطلاح خودش، می‌توان با استفاده از آن درجهٔ تأییدشدگی هر فرضیه‌ای را که به چنین زبانی بیان شده باشد نسبت به هر مجموعه‌ای از اطلاعات که به همان زبان بیان شده باشد، تعیین کرد. مفهومی که بدین طریق تعریف می شود همهٔ اصول نظریهٔ احتمالات در موردش صادق است، و کارناپ آن را *احتمال منطقی*، یا *احتمال استقرایی*، فرضیه نسبت به اطلاعات مُعَیَّن می نامد.[24]

۲۳. یکی از این نظریه‌ها از کینز اقتصاددان است:
John Maynard Keynes, *A Treatise on Probability* (London: Macmillan & Company Ltd., 1921).

۲۴. کارناپ شرحی مختصر و مقدماتی دربارهٔ این مفاهیم اولیه در مقاله‌اش داده است:
"Statistical and Inductive Probability," Reprintd in E.H. Madden ed., *The Structure of Scientific Thought* (Boston: Houghton Mifflin Company, 1960), pp. 269-79.
بیان جدیدتر و بسیار روشنگر این مطلب در مقالهٔ دیگر کارناپ آمده است:
"The Aim of Inductive Logic," in E. Nagel, P. Suppes, and A. Tarski eds., *Logic, Methodology and Philosophy of Science*. Proceedings of the 1960 International Congress (Stanford: Stanford University Press, 1962), pp. 303-18.

۵

قوانین و نقش آنها در تبیین علمی

۱.۵ دو شرط اصلی تبیین علمی

تبیین پدیده‌های جهان طبیعی از اهداف اصلی علوم طبیعی است، در واقع تقریباً هیچ یك از پژوهشهای علمیی که در فصول پیشین مثال آوردیم، هدفشان این نبود که واقعیت جزئی بخصوصی را درك کنند، بلکه همه می‌خواستند به یك نوع بینش تبیینی دست بیابند. پرسشهایی که در این تحقیقات مطرح بود از این قبیل بود که چرا اشخاص به تب زایمان مبتلا می‌شوند، چرا قدرت تلمبه‌های مکشی در بالابردن آب چنین محدودیت مشخصی دارد، چرا انتقال نور مطابق قوانینِ نورشناسی هندسی صورت می‌گیرد، و غیره. در این فصل و فصل بعدی ماهیّت تبیینات علمی و نوع بینشی را که از آنها به دست می‌آید با تفصیل بیشتر بررسی خواهیم کرد.

کوشش طولانی و همیشگی بشر را برای فهمیدن رویدادهایی که در جهان اطراف او رخ می‌دهد، و بسیار متنوع و اغلب حیرت‌آور و گاه خطرناك است، از اسطوره‌ها و تمثیلهایی که ساخته تا وجود جهان و وجود خودش، مرگ و زندگی، حرکات اجرام آسمانی، توالی منظّم روز و شب، تغییر فصول، و رعد و برق و آفتاب و باران را توضیح دهد، می‌توان فهمید. بعضی از این اندیشه‌های تبیینی بر نیروهای طبیعی که دارای خصوصیات بشری‌اند مبتنی‌اند، بعضی دیگر به عوامل پنهانی متوسل می‌شوند و بعضی دیگر همه چیز را زیر سر سرنوشت که از آن گریزی نیست، می‌دانند.

بی‌شك این گونه توضیحات گاهی پرسنده را راضی می‌کند و او حس می‌کند که به

فهم پدیده‌ها نایل شده است، اضطرابش از بین می‌رود و به یك اعتبار به پرسش او «پاسخی» داده می‌شود، اما این گونه پاسخها، هرچه هم از لحاظ روانی خرسندکننده باشد، از لحاظ اهداف علم کافی نیست، زیرا علم به هر حال می‌خواهد مفهومی از جهان بنیاد کند که به نحو روشن و منطقی با تجربهٔ ما ارتباط داشته باشد، و بدین لحاظ قابل‌آزمون عینی باشد. به‌این دلیل توضیحات علمی باید همیشه دو شرط را حائز باشد، که این دو شرط را می‌توان شرط مناسبت تبیینی و شرط آزمون‌پذیری نامید.

منجمی به نام فرانچسکو زیزی[1] برای آنکه ثابت کند که بر خلاف ادعای معاصرش گالیله، که می‌گفت اقمار مشتری را با تلسکوپ دیده است، ممکن نیست قَمَری به دور مشتری بگردد، برهان زیر را ارائه کرده است:

> سر انسان هفت دروازه دارد: دو سوراخ بینی، دو گوش، دو چشم، یك دهان، و همین است که در آسمان هم دو ستارهٔ درخشان (نیّرین) هست، دو کوکب سَعْد، و دو کوکب نَحْس، و تنها عطارد است که حالش معلوم نیست [و گاه سعد و گاه نحس است]. از این پدیده‌ها و بسیاری پدیده‌های طبیعی دیگر، مثل هفت فلز و غیره، که برشمردن آنها خسته‌کننده است، نتیجه می‌گیریم که شمار سیارات بالضروره هفت تاست... گذشته از این، اقمار مشتری را با چشم نمی‌توان دید و بنابراین نمی‌توانند تأثیری بر احوال و وقایع روی زمین داشته باشند، و بنابراین بی‌فایده‌اند، و بنابراین وجود ندارند.[2]

اشکال اساسی این استدلال روشن است: حقایقی که در این استدلال ذکر می‌شوند، حتی اگر در درستی‌شان تردید نکنیم، هیچ ربط و مناسبتی با مسألهٔ مورد نزاع ندارند، و از آنها کمترین دلیلی بر اینکه مشتری قمر ندارد به دست نمی‌آید، و ادعای تناسب و ربط، که از الفاظی چون «بنابراین» و «نتیجه می‌شود» و «بالضروره» برمی‌آید، بکلی بی‌مورد است.

در مقابل، تبیین فیزیکی رنگین کمان را در نظر بگیرید. این تبیین ثابت می‌کند که وقوع پدیدهٔ رنگین کمان نتیجهٔ بازتاب و شکست نور خورشید در قطره‌های کروی آب است ـ از آن نوع قطره‌هایی که در ابر وجود دارند ـ و از راه توسل به قوانین

---

1. Francesco Sizi

2. Holton and Roller, *Foundations of Modern Physical Science*, p. 160.

نورشناختی مناسب نشان می‌دهد که هر جا اَفشانِه یا گَردی از آب وجود داشته باشد و نوری از پشت سر ناظر بتابد و آن را روشن کند، باید انتظار داشت که پدیدهٔ رنگین‌کمان هم رخ دهد. بنابراین اگر ما هرگز کمانی ندیده باشیم، اطلاعات تبیین‌کننده‌ای که از این توضیح فیزیکی به دست می‌آید باعث می‌شود که به رخ‌دادن رنگین‌کمان در این شرایط خاص معتقد شویم و انتظار آن را داشته باشیم؛ و وقتی می‌گوییم که این تبیین فیزیکی دارای *شرط مناسبت تبیینی* است، منظورمان همین ویژگی است، یعنی اطلاعات تبیین‌کننده‌ای که از آن به دست می‌آید دلایل کافی به دست ما می‌دهد که رخ‌دادن پدیده‌ای را که این اطلاعات تبیینش را برعهده دارند انتظار داشته باشیم. فقط هنگامی که این شرط وجود داشته باشد حق داریم بگوییم: «این اطلاعات پدیدهٔ ما را تبیین می‌کند؛ باید هم در این شرایط، انتظار پدیدهٔ مورد بحث را داشته باشیم!»

این شرط برای وافی به مقصود بودن تبیین لازم است ولی کافی نیست. مثلاً اگر مجموعهٔ بزرگی از داده‌ها داشته باشیم که یك انتقال به سرخ را در طیف کهکشانهای دوردست نشان دهد، دلیل قوی به دست داریم که این کهکشانها با سرعت بسیار عظیمی از کهکشان ما دور می‌شوند، اما این اطلاعات توضیح نمی‌دهند که *چرا* چنین می‌شود.

برای معرفی شرط اصلی دیگری که تبیین علمی لازم دارد، یك بار دیگر تصوری را که جاذبهٔ گرانشی را جلوهٔ تمایلی از نوع عشق می‌داند بررسی می‌کنیم. چنانکه قبلاً گفتیم، این تصور هیچ گونه نتیجهٔ آزمودنی ندارد، بنابراین امکان ندارد که هیچ یافتهٔ تجربی آن را تأیید یا نقض کند، و چون فاقد مضمون تجربی است هیچ شواهدی از آن به دست نمی‌آید که بر اساس آنها پدیده‌های خاص جاذبهٔ گرانشی را انتظار داشته باشیم. یعنی این تصورْ قدرت تبیینِ عینی ندارد. همین سخن در مورد تبیینهایی که همه چیز را به دست سرنوشت می‌دانند صادق است: کسی که به این گونه تبیینها متوسل می‌شود نه فقط هیچ بصیرت عمیقی ندارد، بلکه در واقع بکلّی از تلاش برای تبیین دست برداشته است. در عوض، عباراتی که تبیین فیزیکی رنگین‌کمان بر آنها مبتنی است نتایج آزمودنیِ گوناگونی دارند، و این نتایج به شرایطی که در آن رنگین‌کمان در آسمان مشاهده می‌شود و ترتیب رنگها در آن، ظهور پدیدهٔ رنگین‌کمان در موج آبی که به سنگها برمی‌خورد و شکسته می‌شود و نیز در آبی که از دهانهٔ آبپاش خارج

می‌شود، مربوط می‌گردد. این مثالها دومین شرطی را که هر تبیین علمی باید داشته باشد نشان می‌دهند که ما آن را *شرط آزمون‌پذیری* می‌نامیم: عباراتی که تبیینهای علمی را تشکیل می‌دهند باید قابل آزمون تجربی باشند.

قبلاً گفتیم که توضیح مفهومِ گرانِش برحسب یك میلِ جهانیِ باطنی، چون هیچ نتیجهٔ آزمودنی ندارد، نمی‌تواند قدرت تبیینی داشته باشد: از این تصور نه زمینه‌ای به‌دست می‌آید که از روی آن وقوع جاذبهٔ عمومی را انتظار داشته باشیم، و نه معلوم می‌شود که جاذبهٔ گرانشی باید فلان و بَهمان خصوصیات ویژه را داشته باشد. زیرا اگر به نحو قیاسی، یا حتی به نحو ضعیف‌تر و به صورت استقرایی- احتمالی، مستلزم چنین نتایجی باشد، می‌توان از راه مراجعه به آن نتایج آن را آزمود. چنانکه از این مثال برمی‌آید، دو شرط فوق با هم رابطه دارند: تبیینی که شرط مناسبت تبیینی را داشته باشد شرط آزمون‌پذیری را هم خواهد داشت، امّا روشن است که عکس این درست نیست.

اکنون ببینیم تبیینهای علمی چه صورتهایی دارند، و چگونه این دو شرط را برمی‌آورند.

۲.۵ تبیین قیاسی- قانونی

یك بار دیگر یافتهٔ پریه را در آزمایش پوی دو دوم در نظر می‌گیریم، که می‌گوید طول ستون جیوه در فشارسنج توریچلی با افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد. از اندیشه‌های توریچلی و پاسکال در مورد فشار جَوّ، تبیینی برای این پدیده فراهم می‌آید که آن را می‌توان، با کمی مُلّانُقَطی بازی، به صورت زیر بیان کرد:

الف] در هر مکانی، فشاری که ستون جیوه در شاخهٔ بسته دستگاه توریچلی بر جیوهٔ زیر خود وارد می‌کند برابر با فشاری است که ستون هوای بالای تشتك سر باز بر سطح جیوه در تشتك وارد می‌آورد.

ب] فشاری که ستون جیوه یا ستون هوا وارد می‌آورد متناسب است با وزن آن، و هرچه ارتفاع کمتر باشد وزن هم کمتر است.

ج] هرچه پریه دستگاه را به‌قلهٔ کوه نزدیکتر می‌کرد، ستون هوای بالای تشتك بتدریج کوتاهتر می‌شد.

د] (بنابراین،) در طول صعود، ستون جیوه در ظرف سربسته بتدریج کوتاهتر می‌شد.

این تبیین، به صورتی که در بالا تنظیم شده، برهانی است بدین مضمون که پدیدهٔ مورد تبیین، که در جملهٔ (د) بیان شده است، درست همان چیزی است که باید بر اساس واقعیات تبیین کننده، که در جمله‌های (الف) و (ب) و (ج) نقل شده‌اند، انتظار داشت؛ یعنی در واقع، (د) به صورت قیاسی از عبارات تبیین کننده نتیجه می‌شود. عبارات اخیر هم بر دو نوع‌اند: (الف) و (ب) ماهیتاً قوانینی کلّی هستند که برخی ارتباطات یکنواخت تجربی را بیان می‌کنند، اما (ج) واقعیات جزئی و خاصی را توصیف می‌کند. پس در اینجا، برای تبیینِ کوتاه‌شدنِ ستونِ جیوه نشان می‌دهیم که این امر بر طبق برخی قوانین طبیعی، و در نتیجهٔ شرایط خاصی، رخ داده است.
تبیین ما پدیدهٔ مورد تبیین را درون الگویی از نظمها قرار می‌دهد، و نشان می‌دهد که با توجه به قوانین مورد نظر و شرایط جزئی مناسب، می‌بایستی وقوع آن را انتظار می‌داشتیم.

از این پس پدیده‌ای را که تبیین در صدد توضیح‌دادن آن است *پدیدهٔ تبیین‌خواه*، و جمله‌ای را که آن پدیده را وصف می‌کند *جملهٔ تبیین‌خواه* می‌نامیم، و هرجا که از فحوای کلام معلوم باشد که منظور کدام یک از این دو است فقط به ذکر کلمهٔ *تبیین‌خواه* اکتفا خواهیم کرد. جمله‌هایی که اطلاعات تبیین کننده را مشخص می‌کنند ـ مثلاً جمله‌های (الف) و (ب) و (ج) در مثال بالا ـ *جمله‌های تبیین‌گر* نامیده می‌شوند و می‌گوییم که مجموعهٔ آنها *تبیین‌گر* را تشکیل می‌دهد.
به عنوان مثالی دیگر، تبیین یکی از خصوصیات ویژهٔ تشکیل تصاویر، از طریق بازتاب در آینه‌های کروی را در نظر می‌گیریم، یعنی اینکه همیشه

$$1/u+1/v=2/r$$

که در آن u و v بترتیب فاصلهٔ جسم و تصویر از آینه و r شعاع انحنای آینه است. در نورشناسی هندسی، این نظم به کمک قانون بنیادی بازتاب نور در آینه‌های تخت تبیین می‌شود، بدین معنی که بازتاب یک تابهٔ نور را در هر نقطه از آینهٔ کروی، به مثابهٔ بازتاب از صفحه‌ای که در آن نقطه بر سطح کروی مماس است، فرض می‌کنیم. تبیین حاصل را می‌توان به صورت یک برهان قیاسی صورتبندی کرد، که نتیجهٔ آن جملهٔ تبیین‌خواه است و مقدمات آن شامل قوانین بنیادی بازتاب و انتشار مستقیم‌الخط نور است،

به‌اضافهٔ این عبارت که سطح آینه بخشی از یک کره را تشکیل می‌دهد.[3]
به کمک برهانی شبیه به این، که باز هم مقدماتش شامل قانون بازتاب نور در آینه‌های تخت است، می‌توان تبیین کرد که چرا نور یک چشمهٔ کوچک نور که در کانون یک آینهٔ شلجمی قرار گیرد، به موازات محور شلجمی بازتاب می‌یابد. (این اصلی است که در صنعت در ساختن چراغهای جلوی اتومبیل و چراغ قوه و وسایل دیگر به کار می‌رود.)
هر یک از تبیینهایی را که هم اکنون بررسی کردیم می‌توان استدلالی قیاسی دانست که نتیجهٔ آن جملهٔ تبیین‌خواه E است، و مجموعهٔ مقدمات آن، یا تبیین‌گر آن، متشکل است از قوانین کلی $L_1, L_2, \ldots, L_r$ و عبارات دیگری چون $C_1, C_2, \ldots, C_k$، که مضمونشان به برخی واقعیات جزئی مربوط می‌شود. صورت این استدلالها را، که یک نوع از انواع تبیین علمی را تشکیل می‌دهند، می‌توان با گُردهٔ زیر نشان داد:

ق. ق.]

$$\left.\begin{array}{c} L_1, L_2, \ldots, L_r \\ \\ C_1, C_2, \ldots, C_k \end{array}\right\}$$ جمله‌های تبیین‌گر

$$\overline{\qquad E \qquad}$$ جملهٔ تبیین‌خواه

این نوع تبیینها را «تبیین از راه اِندِراج قیاسی در تحت قوانین کلی» یا *تبیینهای قیاسی‌ـ قانونی* (ق. ق.) می‌نامیم. همچنین قوانینی را که در تبیین علمی به کار می‌رود، *قوانین فراگیرندهٔ* پدیدهٔ مورد نظر می‌نامیم، و می‌گوییم که استدلال تبیینی ما، تبیین‌خواه را تحت آن قوانینْ «مُندَرج» می‌کند.
پدیدهٔ تبیین‌خواه در تبیینِ قیاسی‌ـ قانونی یا رویدادی است که در زمان و مکان خاص رخ داده است، مثل نتیجهٔ آزمایش پریه؛ یا نظمی است که در طبیعت دیده می‌شود، مثل برخی خصوصیات که همیشه در رنگین کمان دیده می‌شود؛ یا نظمی است

۳. راه به دست آوردن قانونهای بازتاب برای سطوح منحنی، که در این مثال و مثال بعدی به آن اشاره شده، به صورتی ساده و روشن در فصل ۱۷ از کتاب زیر نشان داده شده است:
Morris Kline, *Mathematics and the Physical World* (New York: Thomas Y. Crowell Company, 1959).

که یك قانون تجربی مثل قانون گالیله یا قانون کپلر آن را بیان می‌کند، و وقتی بخواهیم این گونه نظمها را به صورت قیاسی تبیین کنیم، باید دست به دامن قوانین کلّیتر، مثل قوانین بازتاب و شکست نور یا قوانین نیوتن در مورد حرکت و گرانش، شویم؛ و همان طور که استفاده از قوانین نیوتن در این مورد نشان می‌دهد، غالباً برای تبیین قوانین تجربی از اصولی نَظَری استفاده می‌کنیم که از ساختها و فرایندهایی که در پشت پردهٔ پدیدهٔ مورد بحث رخ می‌دهد، سخن می‌گویند. به این نوع تبیینها در فصل آینده بیشتر خواهیم پرداخت.

تبیینهای قیاسی- قانونی شرط مناسبت تبیینی را به قویترین وجه ممکن دارا هستند، بدین‌معنی که اطلاعات تبیین‌کننده‌ای که از آنها به دست می‌آید جملهٔ تبیین‌خواه را به صورت قیاسی ایجاب می‌کند، و بنابراین دلیل قاطعی به دست می‌دهد که چرا باید وقوع پدیدهٔ تبیین‌خواه را انتظار داشت. (بزودی تبیینهای علمی دیگری را خواهیم دید که این شرط را به صورتی ضعیفتر، یعنی به صورت استقرایی، دارا هستند.) شرط آزمون‌پذیری هم برآورده می‌شود زیرا از جملهٔ لوازم تبیین‌گر یکی هم این است که در شرایط مشخصی پدیدهٔ تبیین‌خواه رخ می‌دهد.

برخی از تبیینهای علمی به الگوی قیاسی- قانونی بسیار نزدیك‌اند، و این وضع، بخصوص وقتی دیده می‌شود که برخی از ویژگیهای کَمّیِ پدیده‌ای را- چنانکه در مورد بازتاب در آینه‌های کروی و شلجمی دیدیم- از راه استنتاج ریاضی از قوانین کلّی فراگیرنده، تبیین کنیم. مثال دیگر تبیین بی‌نظمیهای غریبِ حرکت سیارهٔ اورانوس توسط لووریه[4] (و مستقل از او، توسط آدامز[5]) است که شهرت فراوان یافته است. این بی‌نظمیها را بر پایهٔ نظریهٔ رایج نیوتنی و به کمك جاذبهٔ گرانشی سیارات دیگری که در آن زمان شناخته بودند نمی‌شد توضیح داد. لووریه حدس زد که این بی‌نظمیها ناشی از کشش گرانشی سیارهٔ دیگری است که تا آن زمان کشف نشده بود، و موقعیت و جرم و خصوصیات دیگری را که آن سیاره باید داشته باشد تا بتواند بی‌نظمیهای مشهود در حرکت اورانوس را با همهٔ ریزه‌کاریهای کَمّیِ آن توضیح دهد، محاسبه کرد. کشف سیارهٔ جدیدی که بعداً نپتون نام گرفت، در همان محل و با همان ویژگیهای کَمّی که لووریه به آن نسبت داده بود، پیش‌بینی او را به صورت خیره‌کننده‌ای تأیید کرد. در این

4. Urbain Jean Joseph Leverrier   5. John Couch Adams

مورد هم تبیین ما یك استدلال قیاسی است که مقدماتش شامل برخی قوانین کلی است- در این مورد بخصوص: قوانین نیوتن در مورد گرانش و حرکت- به اضافهٔ عباراتی که جزئیات کَمّیِ سیارهٔ اختلال‌زا را مشخص می‌کنند.

با این حال، خیلی وقتها تبیینهای قیاسی- قانونی به صورت موجَز بیان می‌شوند، یعنی بعضی از فرضیاتی را که در تبیین مسلم گرفته شده‌اند ذکر نمی‌کنند و فقط آنها را در آن زمینهٔ مورد نظر مفروض می‌گیرند. این نوع تبیینها گاهی به صورت جمله‌هایی از نوع «E زیرا C» بیان می‌شوند، که در آن E رویدادی است که می‌خواهیم تبیین کنیم و C رویداد یا وضعی است مقدم بر آن یا مقارن آن. مثلاً این عبارت را در نظر بگیرید: «با وجود یخبندان دیشب، آب توی پیاده‌رو یخ نزد، چون رویش نمك پاشیده بودند». در این تبیین از هیچ قانونی بصراحت یاد نمی‌شود، اما دست‌کم یك قانون در آن مستتر است: «هرگاه نمك در داخل آب حل کنیم، نقطهٔ انجماد آب پایین می‌آید» در واقع، اصلاً به دلیل وجود همین قانون است که نمك پاشیدن روی آب نقش تبیین کننده، و مهمتر از آن، نقشِ علّیی را که در این عبارت با لفظ «زیرا» به آن منسوب شده، به‌دست می‌آورد. این عبارت از جهات دیگری هم ایجازدارد. از جمله اینکه بدون اینکه چیزی بگوید در مورد شرایط فیزیکیِ موجود فرضهایی می‌کند، مثلاً فرض می‌کند که دما خیلی کم نشده است. اگر جمله‌های قانون‌مانند و فرضهای دیگری را که بدین‌طریق حذف شده بر این عبارت که «روی آب نمك پاشیده بودند» بیفزاییم، مقدمات لازم برای تبیین قیاسی- قانونی یخ نزدن آب را به دست خواهیم آورد.

همین نکات در مورد تبیین زملوایز هم، که تب زایمان را ناشی از انتقال مادهٔ تجزیه‌شدهٔ حیوانی از راه زخمهای سطحی روباز به جریان خون می‌دانست، صادق است. گرچه در این تبیین، بدین صورت که تنظیم شده، هیچ ذکری از قوانین کلی نشده است، با این حال، فرض شده است که این گونه آلوده‌شدن خون همواره به یك نوع مسمومیت خونی می‌انجامد که با نشانه‌های خاص بیماری تب زایمان همراه است، زیرا این نکته در این قول که «آلودگی علت تب زایمان است» مستتر است. بی‌شك زملوایز به عمومیّت این قضیه معتقد بوده است، زیرا علت بیماری مرگبار کولچکا را بی‌هیچ مشکلی تشخیص داد: واردشدن مادهٔ عفونی به جریان خون مسمومیت خونی به بار می‌آورد. (کولچکا اولین کسی نبود که به مسمومیت خونی ناشی از زخمِ چاقویِ آلوده می‌مرد، و حادثهٔ خلاف انتظار و دردناك اینکه زملوایز خودش هم به چنین

سرنوشتی دچار شد.) اما وقتی فرض پنهان را آشکار کنیم، معلوم می‌شود که این تبیین مستلزم ارجاع به قوانین کلی است.

چنانکه در مثالهای قبل دیده می‌شود، در هر عبارت تبیینی یك قانون کلی هم مفروض است، بدین مضمون که رویدادی از نوع خاص G (مثلاً، انبساط گاز در فشار ثابت، پیدایش جریان الکتریکی در یك حلقهٔ سیم) معلول رویدادی از نوع دیگر F (مثلاً، گرم کردن گاز، حرکت حلقه در داخل یك میدان مغناطیسی) است. برای پی بردن به این نکته، لازم نیست که وارد تقسیمات گوناگون مفهوم علت شویم، بلکه کافی است توجه کنیم که وقتی قاعدهٔ کلی «علت واحد، معلول واحد» را در مورد این گونه عبارات تبیینی به کار بریم، به این ادعای مُضْمَر می‌رسیم که وقوع رویدادی از نوع F همواره با وقوع رویدادی از نوع G همراه است.

وقتی می‌گوییم که تبیینی مبتنی بر قوانین کلی است، منظور این نیست که کشف آن هم منوط به کشف آن قوانین بوده است. بلکه گاهی بینش جدیدی که از یك تبیین به‌دست می‌آید ناشی از کشف یك واقعیت جزئی است (مثلاً وجود سیاره‌ای که تاکنون کسی بدان پی نبرده، مادهٔ عفونیی که به دست پزشکان معاینه‌گر چسبیده) که به مدد قوانینی که قبلاً پذیرفته شده پدیدهٔ تبیین‌خواه را توضیح می‌دهد؛ گاهی، چنانکه در مورد خطوط طیفی هیدروژن دیدیم، موفقیت در تبیین ناشی از کشف یك قانون فراگیرنده (قانون بالمر) و مآلاً کشف یك نظریهٔ تبیین کننده (نظریهٔ بور) است؛ و در مواردی هم توفیق اصلی تبیین در نشان‌دادن این نکته است که چگونه می‌توان پدیدهٔ تبیین‌خواه را با مراجعه به قوانین و داده‌هایی که از پیش موجوداند، و به واقعیات جزئی خاصی مربوط می‌شوند، توضیح داد. نمونهٔ این امر، استخراج قوانین بازتاب در آینه‌های کروی و شَلْجَمی از قانون بنیادی نورشناسی هندسی، به اضافهٔ عباراتی در مورد خصوصیات هندسی آینه‌ها، است.

مسألهٔ تبیین‌خواه، به خودی خود، معین نمی‌کند که برای حلش چه نوع کشفی لازم است. مثلاً لووریه در حرکت سیارهٔ عطارد هم انحرافاتی را از مسیری که بر اساس نظری انتظار می‌رفت، کشف کرد، و همچنانکه در مورد اورانوس کرده بود، سعی کرد که این پدیده را بر اساس کشش یك سیارهٔ کشف ناشدهٔ دیگر، به نام «ولکان»، توضیح دهدــ که می‌باید سیاره‌ای بسیار کوچك و بسیار چگال در فاصلهٔ میان خورشید و عطارد می‌بود. اما چنین سیاره‌ای پیدا نشد، و مدتها گذشت تا نظریهٔ نسبیت عام این مشکل را

به صورت رضایتبخشی تبیین کرد. اما نسبیت عام در توضیح این مسألهٔ به یك عامل اختلال‌زای خاص متوسل نمی‌شد، بلکه آن را بر پایهٔ دستگاه جدیدی از قوانین توضیح می‌داد.

۳.۵ قوانین کلی و قضایای کلّی اتّفاقی (عَرَضی)

چنانکه دیدیم، قوانین در تبیین قیاسی‌ـ‌قانونی نقش مهمی دارند، زیرا حلقه‌های پیوندی فراهم می‌آورند که با استفاده از آنها می‌توان با شرایط جزئی خاص (که با $C_1, C_2, ..., C_k$ توصیف می‌شوند)، وقوع رویداد معینی را تبیین کرد. هنگامی هم که تبیین‌خواه رویدادی جزئی نباشد، بلکه نظمی باشد از نوعی که در مورد آینه‌های کروی و شلجمی دیدیم، قوانین تبیین کننده نمایانگر نظامی از نظمهای جامعتر هستند که نظم مورد نظر ما فقط حالت خاصی از آنهاست.

یك خصوصیت اصلی میان همهٔ قوانینی که در تبیین قیاسی‌ـ قانونی به کار می‌روند مشترك است: این قوانین، چنانکه بعداً بیان خواهیم کرد، قضایای کلی‌اند. به طور کلی می‌توان گفت که چنین قضایایی یك ارتباط یکنواخت میان پدیده‌های تجربی گوناگون یا میان وجوهِ مختلف یك پدیده را بیان می‌دارند. مضمون این قضایا این است که هرگاه و هرجا که شرایط خاص F رخ دهند، همیشه بدون استثناء شرایطی از نوع دیگر G هم رخ خواهند داد. (البته همهٔ قوانین علمی از این نوع نیستند. در بخشهای بعد، قوانینی را که صورت احتمالی دارند، و تبیینهایی را که بر آنها مبتنی‌اند، خواهیم دید.)

اکنون به ذکر چند نمونه از قضایایی که صورت کلی دارند می‌پردازیم: هرگاه دمای گازی، در عین ثابت بودن فشار آن، افزایش یابد، حجمش زیاد می‌شود؛ هرگاه جامدی را در مایعی حل کنیم، نقطهٔ جوش مایع بالا می‌رود؛ هرگاه پرتو نوری از یك سطح تخت بازتاب یابد، زوایای تابش و بازتاب مساوی‌اند؛ هرگاه یك آهنربای میله‌ای را به دو نیمه کنیم، هر نیمه هم خاصیت آهنربایی خواهد داشت؛ هرگاه جسمی در خلأ و در نزدیك سطح زمین از حالت سکون شروع به سقوط کند، فاصله‌ای که در زمان t می‌پیماید برابر با $4.9t^2$ خواهد بود. بیشتر قوانین علوم طبیعی کَمّی‌اند، بدین معنی که یك سلسله روابط مشخص ریاضی را میان ویژگیهای کَمّیِ مختلف دستگاههای فیزیکی (مثلاً دما و حجم و فشار یك گاز) یا میان ویژگیهای کمی فرایندها (مثلاً بین زمان و فاصله در سقوط آزاد، در قانون گالیله؛ بین زمان تناوب گردش سیاره و فاصلهٔ متوسط آن از

خورشید، در قانون سوم کپلر؛ بین زوایای تابش و شکست، در قانون اسْنِل) بیان می‌کنند.

به عبارت دقیق، قضیه‌ای را که یك ارتباط یکنواخت را بیان می‌کند در صورتی قانون علمی محسوب می‌کنیم که قراینی برای درست پنداشتن آن در دست داشته باشیم: ما معمولاً قضایای نادرست را قوانین طبیعت نمی‌نامیم. اما اگر بخواهیم این شرط را به‌طور اکید و مطلق رعایت کنیم، در آن صورت قضایایی را که به قوانین گالیله و کپلر معروفند نمی‌توانیم قانون بشماریم، زیرا طبق معرفت فیزیکی امروزی ما، درستی این قوانین تقریبی است، و چنانکه بعداً خواهیم دید، فیزیك نظری علت تقریبی بودن درستی آنها را هم توضیح می‌دهد. در مورد قوانین نورشناسی هندسی نیز همین نکته را می‌توان گفت، زیرا مثلاً حتی در محیطهای هَمگَن هم نور کاملاً به خط مستقیم سیر نمی‌کند بلکه سر پیچها دور می‌زند. بنابراین واژهٔ «قانون» را با کمی تسامح به کار خواهیم برد، و آن را بر قضایایی از این نوع هم، که بر اساس دلایل نظری می‌دانیم فقط به صورت تقریبی و مشروط صادق‌اند، اطلاق خواهیم کرد. در فصل بعد که به مسألهٔ تبیین قوانین به کمك نظریه‌ها می‌پردازیم، دوباره در این باره بحث خواهیم کرد.

دیدیم که قوانینی که در تبیین قیاسی- قانونی به کار می‌روند صورت کلی شان چنین است: «در هر موردی که شرایطی از نوع F متحقق شوند شرایطی از نوع G نیز متحقق خواهند شد». اما جالب این است که همهٔ قضایایی را که صورت کلی دارند، حتی اگر صحیح هم باشند، نمی‌توان قانون طبیعت دانست. مثلاً جملهٔ «همهٔ سنگهای درون این جعبه حاوی آهن‌اند»، دارای صورت کلی است (F شرطِ سنگی در این جعبه بودن است، G شرطِ آهن داشتن). اما این جمله را، حتی اگر درست هم باشد، نمی‌توان قانون دانست، بلکه بیان امری است که «به طور اتفاقی روی داده» است، یا یك «قضیهٔ کلی اتفاقی (عَرَضی)» است. یا مثلاً این قضیه را در نظر بگیرید: «هر قطعهٔ طلای خالص وزنش از ۱۰۰۰۰۰ کیلوگرم کمتر است». بی شك همهٔ قطعات طلایی که بشر تاکنون دیده از این حکم تبعیت می‌کنند، و بنابراین شواهد مُؤیِّدِ قابل ملاحظه‌ای برای آن وجود دارد. و هیچ شاهد نفی کننده‌ای هم وجود ندارد، و در واقع، هیچ بعید نیست که در سراسر تاریخ عالم قطعه طلایی به وزن بیش از ۱۰۰۰۰۰ کیلوگرم اصلاً به وجود نیامده باشد و از این پس هم به وجود نیاید. در این صورت، این قضیهٔ کلّی نه فقط تأیید

شده است بلکه درست است، و با این حال می‌توان درستیِ آن را عرضی و اتفاقی دانست، بدین دلیل که هیچ یك از قوانینی که علم امروز به عنوان قوانینِ بنیادیِ طبیعت می‌شناسد، وجود یك قطعه طلا را به جرم بیش از ۱۰۰۰۰۰ کیلوگرم- یا امکان ساخته‌شدن آن را به دست انسان- منتفی نمی‌داند.

بنابراین، کافی نیست که در تعریف قانون علمی بگوییم که «قانون علمی گزارهٔ درستی است که صورت کلی داشته باشد». این خصوصیت، از جملهٔ شرایط لازم این نوع قوانین به شمار می‌آید، اما شرط کافی نیست.

پس چه چیزی قوانین واقعی را از قضایای کلّی عَرَضی متمایز می‌کند؟ در سالهای اخیر دربارهٔ این مسألهٔ دشوار بحث بسیار شده، و ما در اینجا به بعضی از مفاهیم برآمده از این بحثها، که هنوز هم ادامه دارد، نگاه کوتاهی می‌اندازیم.

یك اختلاف گویا و الهامبخش، که نِلسوُن گودمَن[۶] متذکرش شده، این است: از قوانین می‌توان برای تأیید *شرطیهای خلاف واقع* (قضایای شرطی خلاف واقع) استفاده کرد، ولی از قضایای کلّی عرضی نمی‌توان. شرطیِ خلاف واقع قضیه‌ای است بدین صورت: «اگر A برقرار باشد (یا برقرار می‌بود) B هم برقرار خواهد بود یا برقرار می‌بود»، و حال آنکه در واقع امر A برقرار نیست یا برقرار نبوده است. مثلاً این گفته را که «اگر این شمع پارافینی در داخل یك کتری آب جوش قرار می‌گرفت ذوب می‌شد» می‌توان با توسل به این قانون که پارافین در دمای بیش از ۶۰ درجهٔ سانتیگراد ذوب می‌شود (و نیز با استفاده از این واقعیت که نقطهٔ جوش آب ۱۰۰ درجهٔ سانتیگراد است) تأیید کرد. اما از قضیهٔ «همهٔ سنگهای داخل این جعبه آهن دارند» نمی‌توان برای تأیید این شرطیِ خلاف واقع استفاده کرد که «اگر این مهره در داخل این جعبه قرار می‌گرفت، آهن می‌داشت». همچنین از قوانین، بر خلاف قضایای کلّیی که درستی شان اتّفاقی است، می‌توان برای پشتیبانی از *شرطیهای التزامی* استفاده کرد؛ یعنی عباراتی به صورت «اگر A رخ بدهد، B هم رخ خواهد داد»، و حال آنکه معلوم نیست که A رخ

۶. در مقاله‌ای به نام «مشکل شرطیهای خلاف واقع» که در فصل اوّل کتاب او تجدید چاپ شده است:
Nelson Goodman, *Fact, Fiction, and Forecast*, 2nd ed., (Indianapolis: The Bobbs-Merrill Co., Inc., 1965)
این کتاب پرسشهای اساسی و جالبی را دربارهٔ قوانین و گزاره‌های خلاف واقع و استدلال استقرایی طرح می‌کند و از نظرگاه تحلیلی پیشرفته‌ای به بررسی آنها می‌پردازد.

خواهد داد یا نه. مثال این امر این عبارت است: «اگر این شمع پارافینی در یك کتری آب جوش قرار بگیرد، ذوب خواهد شد.»

تفاوت دیگری هم وجود دارد که از لحاظ بحث ما بسیار در خور توجه است و با تفاوتی که بیان کردیم قرابت دارد: از قوانین می توان به عنوان مبنای تبیین استفاده کرد، ولی از قضایای کلّی عرضی نمی توان. مثلاً ذوب شدن یك شمعِ پارافینی بخصوص را که در داخل یك کتری آب جوش قرار گرفته می توان ــ برطبق گردهٔ ق. ق. ــ بر پایهٔ این وافعیات جزئی و این قانون که «پارافین در دمای بیش از ۶۰° سانتیگراد ذوب می شود» تبیین کرد، اما آهن داشتن سنگ بخصوصی را که در داخل این جعبه قراردارد نمی توان با توسل به این قضیهٔ کلی که «همهٔ سنگهای داخل این جعبه آهن دارند» تبیین کرد.

ظاهراً معقول به نظر می رسد که تمایز دیگری را هم در کار آوریم و بگوییم که قضیهٔ اخیر در واقع صورت خلاصه و سادهٔ یك ترکیبِ عطفیِ متناهی از نوع زیر است: «سنگ $r_۱$ آهن دارد، سنگ $r_۲$ آهن دارد،...، سنگ $r_{۶۳}$ آهن دارد»، اما حکم کلیی که در مورد شمعهای پارافینی بیان کردیم، به مجموعه‌ای از موارد مربوط می شود که بالقوه نامتناهی است، و بنابراین نمی توان آن را به یك ترکیبِ عَطفیِ متناهی از قضایایی که هریك مورد خاصی را بیان می کند، ترجمه کرد. این تمایز البته جالب است، ولی دقیق نیست. زیرا اولاً از حکم کلیِ «همهٔ سنگهای داخل این جعبه آهن دارند» معلوم نمی شود که در داخل این جعبه چند تکه سنگ هست، و ثانیاً در این حکم نامی از سنگهای خاص $r_۱$، $r_۲$، و غیره برده نمی شود. بنابراین آن حکم کلی، از لحاظ منطقی، معادل با یك ترکیب عطفی متناهی، از نوعی که در بالا ذکر شد، نیست؛ و برای آنکه چنین ترکیب عطفی مناسبی را تنظیم و تنسیق کنیم به اطلاعات دیگری هم نیازداریم که مثلاً از راه شمارش سنگهای داخل جعبه و برچسب‌زدن به آنها به دست می آید. ثانیاً حکم کلی «هر قطعه طلای خالص وزنش از ۱۰۰۰۰۰ کیلوگرم کمتر است» قانون علمی محسوب نمی شود، اگرچه تعداد قطعات طلا در جهان بینهایت باشد. پس معیار فوق، به دلایل متعدد، معیار موفقی نیست.

نکتهٔ آخری که باید تذکر داد این است که ممکن است گاهی یك قضیهٔ کلی، بی آنکه در واقع حتی یك مورد و مصداق هم داشته باشد، قانون محسوب شود. مثلاً جملهٔ زیر را در نظر بگیرید: «در روی هر جرم آسمانی که شعاعش به اندازهٔ شعاع زمین و جرمش دو

برابر جرم زمین باشد، سقوط آزاد از حالت سکون طبق رابطهٔ $s=۹٫۸t^۲$ صورت می گیرد.» هیچ بعید نیست که اصلاً در سراسر جهان یك جرم آسمانی با این شعاع و جرم وجود نداشته باشد، با این حال این عبارت قانون است، زیرا این عبارت (یا به بیان بهتر، چنانکه در مورد قانون گالیله می دانیم، عبارتی تقریباً نزدیك به آن) از نظریهٔ نیوتن دربارهٔ گرانش و حرکت ــ به اضافهٔ این عبارت که شتاب سقوط آزاد در سطح زمین ۹٫۸ [متر بر مجذور ثانیه] است ــ به دست می آید، و بنابراین پشتیبان نظری نیرومندی دارد؛ همچنانکه قانونی که پیش از این در مورد سقوط آزاد در سطح ماه بیان کردیم از پشتیبانی نظری بهره‌مند است.

گفتیم که قانون می تواند از قضایای شرطی خلاف واقع و التزامی، راجع به موارد بالقوه، پشتیبانی کند، یعنی راجع به مواردی که ممکن است رخ داده باشد، یا ممکن بوده است رخ داده باشد ولی رخ نداده. به همین طریق، نظریهٔ نیوتن حکم کلّیِ فوق را، هنگامی که به صورت یك قضیهٔ شرطی التزامی بیان شود، پشتیبانی می کند (یعنی این حکم را: «در روی هر جرم آسمانی که ممکن است وجود داشته باشد و شعاعش مساوی شعاع زمین و جرمش دو برابر جرم زمین باشد، سقوط آزاد بر طبق رابطهٔ $s=۹٫۸t^۲$ صورت می گیرد») ــ و این قانون بودن آن حکم را نشان می دهد ــ بر خلاف حکم کلیی که در مورد سنگهای داخل این جعبه کردیم که آن را نمی توان بدین صورت بیان کرد که «هر سنگی که بتواند در داخل این جعبه باشد آهن خواهد داشت»، و نیز حکم اخیر به هیچ‌وجه پشتیبان نظری ندارد.

به همین نحو نمی توانیم از آن حکم کلی که دربارهٔ جرم قطعات طلا کردیم ــ و آن را H می نامیم ــ برای پشتیبانی از چنین قضیه‌ای استفاده کنیم: «دو تکه طلا را که وزن مجموعشان بیش از ۱۰۰۰۰۰ کیلوگرم باشد نمی توان درهم‌آمیخت و به صورت یك تکه در آورد، و اگر هم این کار ممکن باشد، وزن تکه طلای حاصل کمتر از ۱۰۰۰۰۰ کیلوگرم خواهد بود.» زیرا نظریه‌های اساسی فیزیکی و شیمیایی دربارهٔ ماده، که در حال حاضر مورد قبول‌اند، این آمیزش را ناممکن نمی‌دانند، و نیز از این قوانین بر نمی آید که چنین کاهش جرمی رخ دهد. بنابراین حتی اگر H صادق باشد، یعنی حتی اگر هیچ استثنایی بر آن دیده نشود، ازدیدگاه نظریات رایج، این امرْ تصادفی و اتفاقی است، زیرا این نظریات وقوع مورد تخلف از H را جایز می‌دانند.

بنابراین، قانونْ محسوب شدن قضایای کلی تاحدودی به نظریه‌های علمی مقبول

زمانه بستگی دارد. این بدان معنی نیست که «قضایای کلی تجربی»ـ یعنی قضایای کلّیی که از لحاظ تجربی تأیید شده‌اند ولی بر نظریه‌ای متکی نیستندـ هیچ‌گاه قانون محسوب نمی‌شوند. بلکه قوانینی چون قانون کپلر و گالیله و بویل، پیش از آنکه از پشتیبانی نظری برخوردار شوند به عنوان قانون مورد قبول بوده‌اند. پای نظریه بدین صورت در میان می‌آید: هر قضیه‌ای که صورت کلی داشته باشد، چه تأیید تجربی شده باشد و چه هنوز آزموده نشده باشد، هرگاه نظریه‌ای درستی آن را ایجاب کند قانون محسوب می‌شود (این گونه گزاره‌ها را معمولاً «قوانین نظری» می‌گویند)، اما اگر قضیه‌ای برخی رویدادهای فرضی را که از لحاظ یك نظریهٔ رایج وقوعشان ممکن است (مثلاً درهم آمیختن دو تکه طلا و به دست آوردن تکه طلایی که وزنش بیش از ۱۰۰۰۰۰ کیلوگرم است، در مورد حکمِ کلیِ H) ممتنع بداند، قانون محسوب نمی‌شود، گرچه از لحاظ تجربی کاملاً تأیید شده و حتیٰ احتمالاً درست باشد.[۷]

۴.۵ تبیین احتمالی: مبانی

همهٔ تبیینهای علمی بر قوانینی که صورت کاملاً کلی داشته باشند مبتنی نیستند. مثلاً مبتلاشدن جیم کوچولو را به سرخك چنین می‌توان تبیین کرد که او از برادرش که چند روز پیش به سرخك سختی مبتلا بوده سرخك گرفته است. این تبیین نیز رویداد تبیین‌خواه را به‌یك رویدادقبلی، یعنی آلوده‌شدن به بیماری سرخك، مربوط می‌کند. می‌گوییم که رویداد اخیر تبیینی به دست می‌دهد زیرا میان قرارگرفتن در معرض بیماری سرخك و مبتلاشدن به آن رابطه‌ای هست. اما این رابطه را نمی‌توان با قانونی به صورت کلّی بیان کرد، زیرا همهٔ موارد آلوده‌شدن به سرخك به ابتلا به آن منجر نمی‌شود. چیزی که می‌توان گفت این است که کسانی که در معرض سرخك قرار بگیرند به احتمال زیاد، یعنی در درصد بالایی از موارد، به این بیماری مبتلا می‌شوند. این نوع قوانین کلی را، که اندکی بعد به بررسیشان خواهیم پرداخت، *قوانینی با صورت احتمالی*، یا به اختصار *قوانین احتمالی*، می‌نامیم.

---

۷. تحلیل کاملتر مفهوم قانون و مراجع بیشتر در این زمینه را در کتاب زیر می‌توان یافت:
E. Nagel, *The Structure of Science* (New York: Harcourt, Brace & World, Inc., 1961), Chap. 4.

پس در این مورد تبیین‌گرهای ما عبارت است از قانون احتمالیی که هم اکنون ذکر کردیم و این گزاره که جیم به بیماری سرخك آلوده شده است. بر خلاف تبیین قیاسی‌ـقانونی، این گزاره‌های تبیین‌گر گزارهٔ تبیین‌خواه را که جیم سرخك گرفته است به نحو قیاسی ایجاب نمی‌کنند. زیرا در استنتاج قیاسی از مقدمات درست، نتیجه همواره درست است، اما در این مثال بسیار امکان دارد که گزاره‌های تبیین‌گر درست باشند و گزارهٔ تبیین‌خواه نادرست باشد. محض اختصار می‌گوییم که تبیین‌گرها تبیین‌خواه را نه با «یقین عقلی» بلکه با چیزی نزدیك به‌یقین، یا با احتمال زیاد، ایجاب می‌کنند.

برهان تبیینی حاصل را به طور نموداری می‌توان به صورت زیر نمایش داد:

احتمال اینکه اشخاص قرارگرفته در معرض سرخك به این بیماری مبتلا شوند زیاد است.
جیم در معرض سرخك قرار گرفته است.
══════════ [به احتمال زیاد]
جیم سرخك گرفته است.

در نمایش معمولی استدلال قیاسی، که مثلاً پیش از این در نمودار استدلال قیاسی‌ـقانونی به کار رفت، نتیجه را با یك خط از مقدمات جدا می‌کنیم و منظور ما تلویحاً این است که مقدمات منطقاً مستلزم نتیجه‌اند. اما منظور از خط دوگانه که در نمودار اخیر به‌کار رفته بیان این نکته است که «مقدمات» (تبیین‌گرها) «نتیجه» (جملهٔ تبیین‌خواه) را کم‌وبیش محتمل می‌سازند. میزان احتمال از نوشتهٔ داخل کروشه برمی‌آید.

این نوع استدلالها را *تبیین احتمالی* می‌نامیم. چنانکه از بحث ما برمی‌آید، میان تبیین احتمالی یك رویداد و تبیین قیاسی‌ـقانونی همان رویداد چند ویژگی بنیادی مشترك هست. در هر دو مورد، رویداد مورد نظر را با ارجاع به رویدادهای دیگری که رویداد تبیین‌خواه از طریق قوانین با آنها مربوط است، تبیین می‌کنیم، اما در یك مورد قوانین ما صورت کلی دارند و در مورد دیگر صورت احتمالی. و بر خلاف تبیین قیاسی که نشان می‌دهد، بر پایهٔ اطلاعات مندرج در تبیین‌گرها، وقوع تبیین‌خواه را باید با «یقین عقلی» انتظار داشت؛ تبیین استقرایی فقط نشان می‌دهد که، بر پایهٔ اطلاعات مندرج در تبیین‌گرها، باید وقوع تبیین‌خواه را با احتمال زیاد و شاید با «یقین عُرْفی» انتظار برد. بدین طریق است که استدلال احتمالی شرط مناسبت تبیینی را برآورده می‌سازد.

۵.۵ احتمالات آماری و قوانین احتمالی

اکنون باید دو خصوصیّت ممیّز تبیین احتمالی را که هم اکنون یاد کردیم بررسی کنیم. این دو عبارتند از قوانین احتمالیی که در این نوع تبیین به کار می‌رود و نوع خاصی از استلزام که استلزام احتمالی است و تبیین‌گر را به تبیین‌خواه مربوط می‌کند.

فرض کنید که از کیسه‌ای حاوی گویهایی با اندازه‌ها و جرمهای یکسان، اما نه لزوماً یکرنگ، گویهایی را پی‌درپی بیرون بکشیم. در هر بار استخراج، یك گوی را بیرون می‌آوریم و رنگ آن را یادداشت می‌کنیم. سپس گوی را به کیسه باز می‌گردانیم و پیش از استخراج بعدی کیسه را خوب به هم می‌زنیم. این نمونه‌ای است از چیزی که آن را «فرایند بیسامان» یا «آزمایش بیسامان» می‌گویند. بزودی خصوصیات این مفهوم را با تفصیل بیشتر بیان خواهیم کرد. عملی را که در بالا شرح دادیم آزمایش U و هر بار استخراج گوی را یك نوبت آزمایش و رنگ گویی را که در هر بار بیرون می‌آید نتیجه یا پی‌آمد آن آزمایش می‌گوییم.

اگر همهٔ گویهای درون کیسه سفید باشد، آنگاه در مورد نتایجی که از انجام دادن U به دست می‌آید یك گزارهٔ کاملاً کلی برقرار است: در هر بار استخراج از کیسه یك گوی سفید، یا به اختصار نتیجهٔ W، به دست می‌آید. اما اگر فقط برخی از گویها ـ مثلاً ۶۰۰ تا از آنها ـ سفید باشند و بقیه ـ مثلاً ۴۰۰ تا ـ قرمز باشند، آنگاه دربارهٔ این آزمایش یك گزارهٔ کلی با صورت احتمالی صادق خواهد بود: احتمال اینکه در یك بار آزمایش U گویی سفید یا نتیجهٔ W به دست آید ۰٫۶ است، یا به زبان نمادها:

۵ الف] $P(W,U) = ۰٫۶$

به همین نحو احتمال شیرآمدن در آزمایش تصادفی پرتاب سکّه، C، از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

۵ ب] $P(H,C) = ۰٫۵$

و احتمال اینکه در آزمایش تصادفی انداختن طاسِ متقارنی نتیجهٔ خال یك به دست آید عبارت است از:

۵ ج] $P(A,D) = ۱/۶$

معنی این گزاره‌های احتمالی چیست؟ بر طبق یك نظر رایج، که گاهی مفهوم «کلاسیك» احتمال نامیده می‌شود، گزارهٔ (۵ الف) را می‌توان به صورت زیر تعبیر کرد: هر بار انجام‌دادن U به معنی انتخاب یك امکان از میان ۱۰۰۰ امکان بنیادی یا هزار شِقّ

بنیادی است که هر یك از گویهای درون کیسه نمایندهٔ یکی از این امکانات یا شقوق است. از میان این انتخابهای ممکن، ۶۰۰ انتخاب نسبت به پی‌آمد W «مساعد» شمرده می‌شود، و احتمال بیرون آمدن یك گوی سفید چیزی نیست جز نسبت شمارهٔ انتخابهای مساعد به شمارهٔ همهٔ انتخابهای ممکن، یعنی ۶۰۰ به ۱۰۰۰ یا ۶۰۰/۱۰۰۰. تعبیر کلاسیك گزاره‌های احتمالی (۵ ب) و (۵ ج) نیز به همین صورت است.

اما این توصیف کافی نیست، زیرا اگر پیش از هر بار استخراج ۴۰۰ گوی قرمز داخل کیسه را روی گویهای سفید قرار دهیم، در این آزمایش جدید ـ که آن را U' می‌نامیم ـ نسبت شقوق مساعد به شقوق ممکن همان نسبت قبلی است اما احتمال بیرون آمدن یك گوی سفید کمتر از آزمایش U یعنی کمتر از وقتی است که پیش از هر استخراج گویها را خوب با هم مخلوط می‌کردیم. در مفهوم کلاسیك برای رفع این مشکل شرط می‌کنند که شقوقی که در این تعریف احتمال وارد می‌شوند باید «متساوی‌الامکان» یا «هم‌احتمال» باشند ـ و گفته می‌شود که در مورد آزمایش U' این شرط نقض شده است.

با اضافه‌کردن این شرط این مشکل پیش می‌آید که متساوی‌الامکان بودن یا هم‌احتمال بودن را چگونه باید تعریف کرد. ما از این موضوع که به دشواری و معرکةالآراء بودن شُهره است می‌گذریم، زیرا حتی اگر هم‌احتمال بودن را بتوان به‌نحو خرسندکننده‌ای تعریف کرد، باز هم مفهوم کلاسیك احتمال کفایت نمی‌کند، زیرا ما به نتایج آزمایشهایی نیز که هیچ راه معقولی برای مشخص‌کردن شقوق بنیادیِ هم‌احتمال در آنها وجود ندارد احتمالهایی نسبت می‌دهیم. مثلاً در آزمایش بیسامانِ انداختن یك طاس متقارن می‌توان فرض کرد که شش وجه طاس مُعرّف این نوع شقوق هم‌احتمال‌اند؛ ولی ما حتی وقتی هم که طاس نامتقارنی داشته باشیم برای نتایجی چون آمدن خال یك یا آمدن تعداد زوجی نقطه احتمالهایی قایل می‌شویم، هرچند در این مورد نمی‌توان شقوق بنیادی هم‌احتمال را به هیچ‌وجه مشخص کرد.

همچنین ـ و این نکته اهمیت خاصی دارد ـ در علم به نتایج برخی آزمایشهای تصادفی یا فرایندهای تصادفیی که در طبیعت می‌بینیم، مثل فروپاشی گام‌به‌گام اتمهای مواد رادیواکتیو یا گذر اتمها از یك حالت انرژی به حالت دیگر، احتمالهایی نسبت می‌دهیم. در این موارد نیز هیچ شقوق بنیادی هم‌احتمالی که این احتمالها را بتوان

برحسب آنها به طور کلاسیك تعریف و محاسبه کرد یافت نمی‌شود.

برای آنکه به مفهوم خرسندکننده‌تری از گزاره‌های احتمالی دست یابیم، به‌بررسی این مسأله می‌پردازیم که چگونه می‌توان احتمال آمدن یك روی معین را در پرتاب طاسی که متقارن بودنش معلوم نیست محاسبه کرد. پیداست که برای این کار باید آن طاس را به دفعات بسیار پرتاب کرد و *بسامد نسبی*، یعنی نسبت، بارهایی را که آن روی معیّن می‌آید اندازه گرفت. مثلاً آزمایش D' پرتاب طاس ۳۰۰ بار انجام می‌گیرد و ۶۲ بار رویی که یك خال دارد می‌آید. پس بسامد نسبی ۶۲/۳۰۰ را می‌توان مقدار تقریبی $p(A,D')$، یعنی آمدن روی یك در پرتاب طاس، دانست. با استفاده از روشهای مشابه می‌توان احتمال مربوط به پرتاب سکه و نظایر آن را نیز تعیین کرد. همچنین احتمالات مربوط به فروپاشی رادیواکتیو یا گذر اتم از یك حالت انرژی به حالتی دیگر، یا احتمالات فرایندهای وراثتی و جز آن، از راه برآورد بسامدهای نسبی مربوط به آنها محاسبه می‌شود ـ اما این کار غالباً نه با شمارش سادهٔ تك‌تك رویدادهای اتمی یا رویدادهای دیگر، بلکه به شیوه‌هایی بسیار غیرمستقیم انجام می‌گیرد.

گزاره‌هایی چون (۵ الف) و (۵ ب) را هم، که به پرتاب یك سکهٔ مُنصِف (یعنی همگن و استوانه‌ای کامل) و یك طاس متقارن (یعنی همگن و کاملاً مکعب شکل) مربوط می‌شوند، می‌توان برحسب بسامدهای نسبی تعبیر کرد: چیزی که دانشمند (یا قمارباز) در بیان یك گزارهٔ احتمالی با آن سروکار دارد، بسامد نسبی رویدادن نتیجهٔ معین O در سلسله‌ای طولانی از تکرار آزمایش بیسامان R است. شمارش شقوق بنیادی هم‌احتمال و شمارش شقوقی در میان آنها که نسبت به O «مساعد» شمرده می‌شوند، وسیله‌ای برای تجسّس و حدس‌زدن بسامد نسبی محسوب می‌شود. و در واقع اگر یك طاس منظم یا سکهٔ منصف را به دفعات زیاد پرتاب کنیم، وجه‌های مختلف معمولاً با بسامد یکسان ظاهر می‌شوند. چنین چیزی را می‌توان بر پایهٔ ملاحظات مربوط به تقارن، از آن نوع که غالباً در ساختن فرضهای فیزیکی به کار می‌رود، انتظار برد؛ زیرا از دانش تجربی ما قرینه‌ای که بتوان با استناد به آن یك وجه را بر وجوه دیگر برتری داد به دست نمی‌آید. اما هرچند این نوع ملاحظات از لحاظ تحقیق و تجسّس مفیداند، نباید آنها را حقایق مسلم یا بدیهی شمرد: معلوم شده است که بعضی از فرضهای تقارنی بسیار خردپسند، مثل اصل همپایگی، در سطح زیر اتمی اعتبار کلّی ندارند. بنابراین فرضهایی را که دربارهٔ شقوق هم‌احتمال می‌کنیم همواره می‌توان با توجه به داده‌های

تجربی که در مورد بسامدهای نسبیِ واقعیِ پدیدهٔ مورد نظر به دست می‌آوریم تصحیح کرد. نمونهٔ دیگری که این امر را نشان می‌دهد نظریه‌های آماری گوناگونی است که بوزه[8] و اینشتین و فرمی[9] و دیراك[10] فراهم آورده‌اند، و بر فرضهای مختلفی در این باره که چه توزیعهایی از ذرات را بر روی فضای فاز می‌توان هم‌احتمال شمرد استوار است.

پس احتمالهایی که در قوانین احتمالی مشخص می‌شوند به بسامدهای نسبی مربوط می‌شوند، با این حال، این احتمالها را نمی‌توان همان بسامدهای نسبی در رشته‌های طولانی از آزمایشهای مربوط شمرد، زیرا وقتی رشتهٔ پرتابهای طاس را گسترش دهیم تعداد رخهای یك که به دست می‌آید تغییر می‌کند، هرچند ممکن است تغییرش خفیف باشد، و حتی اگر طول دو رشته مساوی باشد تعداد رخهای یك معمولاً یکسان نیست. با این حال پی می‌بریم که با افزایش تعداد پرتابها، تغییرات بسامد نسبی هر یك از نتایج گوناگون کمتر و کمتر می‌شود، هرچند نتایج پرتابهای متوالی همچنان به شیوه‌ای نامنظم و به طریقی که پیش‌بینی کردنش در عمل محال است، تغییر می‌کند. این همان چیزی است که آزمایش بیسامان R با نتایج $O_1, O_2, \ldots, O_n$ را مشخص می‌کند: با انجام‌دادن متوالی R یکی از این نتایج به شیوه‌ای نامنظم به دست می‌آید، اما با افزایش یافتن دفعات آزمایش بسامدهای نسبی نتایج روبه‌پایدارشدن می‌نهد. و احتمالات نتایج $p(O_1,R), p(O_2,R), \ldots, p(O_n,R)$ را می‌توان مقادیر آرمانیی محسوب کرد که مقادیر واقعی، وقتی رفته‌رفته پایدارتر می‌شوند، به سمت آن میل می‌کنند. محض سهولت ریاضی، گاهی احتمال را به صورت حدِّ ریاضیی که با بینهایت‌شدن دفعات آزمایش، بسامد نسبی به سمت آن میل می‌کند تعریف می‌کنند. اما این تعریف از نظر مفهومی معایبی دارد، و در بررسیهای جدیدتر مبحث احتمال به شیوهٔ ریاضی، معنی تجربی که از مفهوم احتمال اراده می‌شود تعمّداً، و بنابر دلایل محکم، با تعریف زیر که اصطلاحاً تعبیر *آماری احتمال* نامیده می‌شود بیان می‌گردد:[11]

8. Satyendranath Bose 9. Enrico Fermi 10. P.A.M. Dirac

۱۱. جزئیات دیگر مفهوم احتمال آماری و تعریف حدّی و کاستیهای آن را در رسالهٔ نیگل می‌توان یافت:
E. Nagel, *Principles of the Theory of Probability* (Chicago: University of Chicago Press, 1939).

گزارهٔ

$$p(O,R)=r$$

به این معنی است که در رشته‌ای طولانی از انجام‌دادن آزمایش تصافی R نسبت دفعاتی با نتیجهٔ O به احتمال قریب به یقین نزدیک به r است.

مفهوم احتمال آماری را که به این صورت مشخص می‌شود باید به دقت از مفهوم احتمال استقرایی یا احتمال منطقی تفکیک کرد. در بخش ۵.۴ به بررسی مفهوم اخیر پرداختیم. احتمال منطقی یك رابطهٔ کمّی منطقی میان گزاره‌های معین است. جملهٔ

$$c(H,K)=r$$

بدین معنی است که اطلاعات مندرج در گزارهٔ K فرضیهٔ H را به میزان r پشتیبانی می‌کند یا محتمل می‌سازد. اما احتمال آماری رابطه‌ای است میان *انواعی از رویدادهای تکرارپذیر*: یعنی میان یك نوع نتیجه، O، و یك نوع آزمایش تصادفی، R. مسامحتاً می‌توان گفت که احتمال آماری همان بسامد نسبی وقوع نتیجهٔ O در رشته‌ای طولانی از انجام دادن R است.

چیزی که میان این دو مفهوم مشترك است ویژگیهای ریاضی آن دو است. هر دو از اصول بنیادی نظریهٔ ریاضی احتمالات تبعیت می‌کنند:

الف) مقادیر عددی ممکن برای هر دو نوع احتمال میان صفر و یك است:

$$۰\leq p(O,R)\leq ۱$$
$$۰\leq c(H,K)\leq ۱$$

ب) احتمال اینکه از دو رویداد مانعةالجمع یکی روی دهد برابر با مجموع احتمالهای این دو رویداد به طور جداگانه است؛ احتمال اینکه با داشتن شواهد K یکی از دو فرضیهٔ مانعةالجمع برقرار باشد برابر با مجموع احتمالهای مربوط به هر کدام است:

اگر $O_۱$ و $O_۲$ مانعةالجمع باشند، آنگاه

$p(O_۱$ یا $O_۲, R)=p(O_۱,R)+p(O_۲,R)$

اگر $H_۱$ و $H_۲$ فرضیه‌های مانعةالجمع باشند، آنگاه

ما در بیان تعبیر احتمال تابع نحوهٔ بیان کرامر بوده‌ایم:
H. Cramér, *Mathematical Methods of Statistics* (Princeton: Princeton University Press, 1946), pp. 148-49.

$c(H_۱$ یا $H_۲, K)=c(H_۱, K)+c(H_۲, K)$

ج) احتمال نتیجه‌ای که ضرورتاً و در همهٔ موارد رخ می‌دهد ــ مثل O یا نه O ــ یك است؛ احتمال فرضیه‌ای که درستی منطقی داشته باشد ــ مثل H یا نه H ــ یك است:

$p(O$ یا نه $O, R)=۱$

$c(H$ یا نه $H, K)=۱$

فرضیه‌های علمی را که به صورت گزاره‌های حاکی از احتمال آماری بیان می‌شوند می‌توان آزمود و این نوع آزمون عملاً هم انجام می‌گیرد. شیوهٔ کار این است که بسامدهای نسبی نتایج مورد نظر را در دفعات بسیار بررسی می‌کنند، و آنگاه دربارهٔ تأیید این نوع فرضیه‌ها، عموماً، بر پایهٔ میزان نزدیکی احتمالهایی که از فرضیه به دست می‌آید به بسامدهایی که عملاً مشاهده می‌شود حکم می‌کنند. اما منطق حاکم بر این‌گونه آزمونها مشکلات خاص و جالبی دارد که دست‌کم بررسی کوتاهی را ایجاب می‌کند.

فرضیهٔ H را در نظر بگیرید که می‌گوید احتمال آمدن رُخِ یك در پرتاب طاس معینی ۱۵ر۰ است، یا به اختصار: $p(A,D)=$۱۵ر۰، که در آن D آزمایش تصادفی پرتاب آن طاس معین است. فرضیهٔ H به طریق قیاسی هیچ نتیجهٔ آزمودنیی که تعداد رخهای یك را در سلسله‌ای متناهی از پرتابهای طاس مشخص کند ندارد، مثلاً ایجاب نمی‌کند که در ۵۰۰ بار اول درست ۷۵ بار رخ یك بیاید، یا اینکه تعداد رخها در ۵۰۰ بار اوّل حتماً بین ۵۰ و ۱۰۰ باشد. بنابراین اگر نسبت رخهای یك که در عمل در تعداد زیادی پرتاب به دست می‌آید با ۱۵ر۰ تفاوت بارز داشته باشد این تفاوت باعث ابطال H نمی‌شود ــ به آن مفهوم که فرضیه‌ای کاملاً کلی مثل «همهٔ قوها سفیداند» را می‌توان، به دلیل قاعدهٔ رفع تالی، با رجوع به یك مورد ناقض، مثلاً یك قوی سیاه، ابطال کرد. به همین نحو اگر در رشته‌ای طولانی از پرتابها نسبت رخهای یك خیلی نزدیك به ۱۵ر۰ باشد، فرضیه H به آن مفهوم که فرضیه‌ها با درست درآمدن هر یك از نتایج منطقیشان تأیید می‌شوند، تأیید نمی‌شود. زیرا در مورد اخیر فرضیهٔ ما به طریق استلزام منطقی، وقوع آن نتیجهٔ را ایجاب می‌کند، و بنابراین آن نتیجهٔ آزمودنی مؤیّدِ فرضیهٔ ماست، به این معنی که نشان می‌دهد که بخش معینی از آنچه آن فرضیه بیان می‌کند در واقع صادق است. اما از داده‌های بسامدیِ مؤیّد چنین چیزی در مورد H به دست نمی‌آید، زیرا H مستلزم این

قضیه نیست که بسامد رُخِ یك در تعداد زیادی پرتاب حتماً بسیار نزدیك به ۰ر۱۵ خواهد بود.

اما هرچند H از لحاظ منطقی امکان این را که نسبت رُخهایِ یك در رشتهٔ درازی از پرتابها با ۰ر۱۵ تفاوت فاحش داشته باشد منتفی نمی‌کند، منطقاً ایجاب می‌کند که چنین تفاوتهایی به معنی آماری کلمه بسیار نامحتمل باشند. مثلاً اگر آزمایش پرتاب طاس چندین نوبت و هر نوبت به دفعات بسیار (مثلاً هزار بار) تکرار شود، فقط در کسر کوچکی از این نوبتهایِ مکرّر نسبت رُخها با ۰ر۱۵ تفاوت فاحش خواهد داشت. در مورد پرتاب طاس معمولاً فرض می‌شود که نتایج پرتابهای متوالی «از لحاظ آماری از هم مستقل» اند، بدین معنی که احتمال آمدن رخ یك در هر پرتاب به نتیجهٔ پرتاب قبلی بستگی ندارد. از راه تحلیل ریاضی معلوم می‌شود که فرضیهٔ H ما اگر با این فرض استقلال همراه شود، احتمال آماریِ این امر را که تفاوت نسبت رخهای به دست آمده در n بار آزمایش با ۰ر۱۵ از مقدار معینی بیشتر نباشد به طور قیاسی تعیین می‌کند. مثلاً H ایجاب می‌کند که در رشته‌ای از هزار بار پرتاب طاس مورد نظر ما به احتمال ۰ر۹۷۶ تعداد رخهای یك بین ۰ر۱۲۵ و ۰ر۱۷۵ باشد و همچنین در رشته‌ای از ۱۰۰۰۰ پرتاب به‌احتمال ۰ر۹۹۵ نسبت رخهای یك بین ۰ر۱۴ و ۰ر۱۶ باشد. پس می‌توان گفت که اگر H صادق باشد، در رشتهٔ درازی از پرتابهای متوالی نسبت رخهای یکی که مشاهده می‌شود فقط به مقدار کمی با مقدار ۰ر۱۵، که فرضیهٔ ما برای احتمال پیشگویی می‌کند، تفاوت خواهد داشت. بنابراین، اگر بسامدی که در درازمدت برای نتیجه‌ای مشاهده می‌شود به مقدار احتمالی که فرضیهٔ احتمالیِ معیّنی به آن نسبت می‌دهد نزدیك نباشد، آن فرضیه به احتمالِ زیاد نادرست است. در چنین موردی آن داده‌های بسامدیْ عاملِ ابطال فرضیه یا عامل کاستن از اعتبار آن محسوب خواهد شد. و اگر شواهد ابطالگری یافت شود که به اندازهٔ کافی قوی باشد، آن فرضیه عملاً ابطال شده محسوب خواهد شد- هرچند منطقاً چنین نباشد- و بنابراین کنار نهاده خواهد شد. به همین نحو، توافق نزدیك میان احتمالهای برخاسته از فرضیه و بسامدهای مشاهده شده معمولاً فرضیهٔ احتمالی را تأیید می‌کند و ممکن است به پذیرش آن منجر شود.

اگر قرار باشد که فرضیه‌های احتمالی را بر پایهٔ شواهد آماری مربوط به بسامدهایِ مشاهده شده بپذیریم یا به کناری نهیم، این کار معیارهای مناسبی لازم دارد.

این معیارها باید دو چیز را تعیین کنند: الف) چه میزان انحراف بسامدهای مشاهده شده از احتمال حاصل از یك فرضیه را می‌توان دلیلی برای کنارنهادن آن فرضیه دانست؛ و ب) توافق بسامدهای مشاهده شده با احتمال برخاسته از فرضیه باید به چه اندازه باشد تا شرط پذیرش فرضیه محسوب شود؟ این شرایط را می‌توان سهل یا دشوار انتخاب کرد و نحوهٔ تعیین آنها به اختیار خود ماست. میزان دشواری یا سهولت معیارهایی که انتخاب می‌کنیم معمولاً برحسب مورد و برحسب اهداف تحقیقی که در دست داریم تغییر می‌کند، و به طور کلی به اهمیتی که در آن مورد خاص برای اجتناب از دو نوع خطا قایل هستیم بستگی دارد. این دو نوع خطا عبارتند از: کنارنهادن فرضیهٔ در دست آزمون هرچند درست باشد، و پذیرفتن آن هرچند کاذب باشد. اهمیت این نکته بویژه وقتی روشن می‌شود که پذیرفتن یا کنارنهادن آن فرضیه مبنایی برای اقدامات عملی باشد. مثلاً اگر فرضیهٔ ما به کارایی عملی و ایمنی نوعی واکسن مربوط شود، در تصمیم‌گیری دربارهٔ آن نه تنها این نکته را باید در نظر داشت که نتایج آماری آزمونها تا چه اندازه با احتمالهایی که آن فرضیه تعیین می‌کند توافق دارد، بلکه به این مسأله نیز باید پرداخت که عواقب پذیرش آن فرضیه و عمل‌کردن بر وفق آن (مثلاً مایه‌کوبی کردن کودکان با آن)، در صورتی که آن فرضیه در واقع نادرست باشد، تا چه اندازه وخیم خواهد بود؛ و نیز کنارنهادن آن و انجام‌دادن کاری متناسب با این تصمیم (مثلاً نابودکردن آن واکسن و تغییردادن یا قطع کردن فرایند تولید آن)، در صورتی که فرضیه در واقع درست باشد، چه آثاری در پی خواهد داشت. مسائل پیچیده‌ای که از این رهگذر پدید می‌آید موضوع نظریهٔ آزمونها و تصمیم‌گیریهای آماری است که در دهه‌های اخیر بر پایهٔ نظریهٔ ریاضی احتمالات و آمار ساخته شده است.[۱۲]

بسیاری از قوانین و اصول مهمّ نظری در علوم طبیعی سرشت احتمالی دارند، هرچند غالباً در صورتْ از گزاره‌های احتمالی ساده‌ای که تاکنون ذکر کردیم پیچیده‌تراند. مثلاً بر اساس نظریات رایج فیزیکی، فروپاشی رادیواکتیو پدیده‌ای بیسامان است که در آن اتمهای هر عنصر رادیواکتیو با احتمال ویژه‌ای در مدت معینی

---

۱۲. دربارهٔ این موضوع رك.
R.D. Luce and H. Raiffa, *Games and Decisions* (NewYork: John Wiley & Sons, Inc., 1957).

تجزیه می‌شوند. قوانین فیزیکی مربوط به این نوع تجزیه معمولاً به صورت گزاره‌هایی که «نیمه‌عمر» آن عنصر را به دست می‌دهند تنظیم می‌شوند. مثلاً در این دو گزاره که نیمه‌عمر رادیوم ۲۲۶ برابر با ۱۶۲۰ سال و نیمه‌عمر پولونیوم ۲۱۸ برابر با ۳٫۰۵ دقیقه است، دو قانون مندرج است به این مضمون که احتمال اینکه یك اتم رادیوم ۲۲۶ در مدت ۱۶۲۰ سال فرو بپاشد و احتمال اینکه یك اتم پولونیوم ۲۱۸ در مدت ۳٫۰۵ دقیقه متلاشی گردد، هر دو یك دوم است. به موجب تعبیری از احتمال که قبلاً از آن نام بردیم این قانونها متضمن این امر است که از تعداد بسیار زیادی اتم رادیوم ۲۲۶ یا پولونیوم ۲۱۸ که در زمانی موجود باشند بعد از ۱۶۲۰ سال، یا ۳٫۰۵ دقیقه، تعدادی بسیار نزدیك به نصف باقی می‌ماند و بقیه بر اثر فروپاشی رادیواکتیو تجزیه می‌شود.

همچنین در نظریهٔ جنبشی گازها بسیاری از نظمهایی را که در رفتار گازها می‌توان دید، و از جمله قوانین ترمودینامیك کلاسیك را، با فرضهای معینی در مورد مولکولهای تشکیل‌دهندهٔ گاز تبیین می‌کنند، و بعضی از این فرضها فرضیه‌هایی آماری دربارهٔ نظمهای آماری حاکم بر حرکات و برخوردهای این مولکولهاست.

تذکّر چند نکتهٔ دیگر دربارهٔ مفهوم قانون احتمالی لازم است. شاید چنین بنماید که همهٔ قوانین علمی را باید قوانین احتمالی دانست، زیرا شواهدی که در پشتیبانی از آنها داریم همواره مجموعه‌ای متناهی و از لحاظ منطقی غیرمُنتج است، و این مجموعه از یافته‌ها فقط می‌تواند فرضیهٔ ما را از احتمال بیش و کمی برخوردار سازد. اما در این استدلال از این نکته غفلت شده است که تمایز میان قوانینی که صورت کلّی دارند و قوانینی که صورت احتمالی دارند به قوّت و ضعف شواهد پشتیبان این دو نوع گزاره مربوط نمی‌شود، بلکه ناشیِ از صورت آنهاست که سرشت منطقی ادّعای این دو نوع گزاره در آن منعکس است. قانونی به صورت کلی اصولاً گزاره‌ای است به این مضمون که در همهٔ مواردی که شروطی از نوع F متحقق شده است شروطی از نوع G نیز متحقق شده است، اما قانونی که صورت احتمالی داشته باشد اصولاً می‌گوید که در شرایط معینی، که انجام‌دادن آزمایش بیسامان R را تشکیل می‌دهد، یك نوع نتیجهٔ معیّن در درصد معیّنی از موارد رخ می‌دهد. این دو نوع ادعا، چه درست باشند و چه نادرست، چه پشتیبانی قوی داشته باشند و چه ضعیف، از لحاظ منطقی سرشت متفاوتی دارند و تمایز میان آنها در همین تفاوت نهفته است.

چنانکه قبلاً دیدیم قانونی به صورت کلّی «هرگاه F آنگاه G» به هیچ‌وجه روی

معادل خلاصه‌شده و جمع‌وجور گزارشی نیست که در آن در مقابل هر مورد وقوع F که تا به‌حال بررسی شده است ذکر شده باشد که این مورد با وقوع G همراه بوده است. بلکه این قانون اقوالی را دربارهٔ همهٔ موارد بررسی نشدهٔ F نیز، چه در گذشته و چه در حال و آینده، دربردارد، همچنین مستلزم قضایای شرطی خلاف واقع و قضایای فرضی است که به اصطلاح به «موارِدِ ممکنِ» وقوع F مربوط می‌شوند. و این نوع قوانین قدرت تبیینی خود را درست از همین ویژگی کسب می‌کنند. وضع قوانینی هم که صورت احتمالی دارند از همین قرار است. قانونی که می‌گوید فروپاشی رادیوم ۲۲۶ فرایندی تصادفی با نیمه‌عمر ۱۶۲۰ سال است، به هیچ‌وجه معادل با گزارشی دربارهٔ میزان فروپاشی نمونه‌های خاصی که از رادیوم ۲۲۶ مشاهده شده است، نیست. این قانون به فرایند فروپاشی هر تکه رادیوم ۲۲۶، در گذشته و حال و آینده، مربوط می‌شود و مستلزم قضایای شرطی خلاف واقع و شرطی التزامی چون قضیهٔ زیر است: اگر دو تکه رادیوم ۲۲۶ به هم متصل شوند، سرعت فروپاشی همان مقداری را خواهد داشت که اگر آن دو تکه از هم جدا می‌ماندند. باز هم، همین ویژگی باعث می‌شود که قوانین احتمالی از قدرت پیشگویی و قدرت تبیین برخوردار شوند.

۶.۵ سرشت استقرایی تبیین احتمالی

مثالی که قبلاً دربارهٔ مبتلاشدن جیم کوچولو به سرخك آوردیم نمونه‌ای از ساده‌ترین نوع تبیین احتمالی بود. صورت کلی این استدلال تبیینی را می‌توان به شکل زیر بیان کرد:

$p(O,R)$ نزدیك به یك است

i موردی از R است

══════════ [به احتمال زیاد]

i موردی از O است

اما احتمال زیادی که تبیین‌گر به تبیین‌خواه می‌بخشد، و با عبارت داخل کروشه نشان داده شده است، یقیناً از نوع احتمال آماری نیست، زیرا رابطه‌ای را در میان جمله‌ها مشخص می‌کند نه در میان (انواع) گزاره‌ها. با استفاده از اصطلاحی که در فصل ۴ معرّفی کردیم، می‌توان گفت که احتمال مورد بحث نشانهٔ اعتبار عقلانی تبیین‌خواه است با در دست‌داشتن اطلاعاتی که از تبیین‌گر فراهم می‌آید. و چنانکه

قبلاً گفتیم، این مفهوم، تا آنجا که بتوان آن را به صورت احتمال تصوّر کرد، معرّف یك احتمال منطقی یا استقرایی است.

در برخی موارد ساده، روشهای طبیعی و آشکاری برای بیان این احتمال وجود دارد. در استدلالی که هم اکنون بررسی کردیم، اگر مقدار عددی $p(O,R)$ مشخص شده باشد می‌توان گفت که احتمال استقرایی که تبیین‌گر به تبیین‌خواه می‌بخشد همان مقدار را داراست. استدلال احتمالی حاصل به صورت زیر است:

$$p(O,R)=r$$

i موردی از R است

═════════ $[r]$

i موردی از O است

اگر تبیین‌گر پیچیده‌تر باشد، تعیین احتمال استقرایی مربوط به آن برای تبیین‌خواه با مسائل دشواری روبرو می‌شود که پاره‌ای از آنها هنوز حل نشده است. اما چه انتساب مقادیر عددی معین به همهٔ این نوع تبیینها ممکن باشد و چه نباشد، از ملاحظات پیشین معلوم می‌شود که وقتی رویدادی از راه ارجاع به قوانین احتمالی تبیین شود تبیین‌گر فقط تبیین‌خواه را از پشتیبانی کم‌وبیش نیرومند استقرایی برخوردار می‌سازد. بنابراین در تفکیك تبیینهای قیاسی- قانونی از تبیینهای آماری می‌توان گفت که اوّلی رویدادها را به نحو قیاسی تحت قوانینی با صورت کلی مندرج می‌کند، اما دوّمی رویدادها را به‌نحو استقرایی تحت قوانینی با صورت احتمالی مندرج می‌سازد.

بعضی گفته‌اند که بیان احتمالی، درست به این دلیل که سرشت استقرایی دارد، از عهدهٔ تبیین رویدادِ تبیین‌خواه برنمی‌آید، زیرا تبیین‌گر منطقاً رخ ندادن آن را منتفی نمی‌کند. اما نقش مهمی که قوانین احتمالی در علم و کاربردهای آن ایفا می‌کنند، و روزبه‌روز هم توسعه می‌یابد، این نظر را مرجّح‌تر می‌کند که بیانهای مبتنی بر این گونه اصول را نیز تبیین بشماریم، هرچند آن را به اندازهٔ تبیینهایی که صورت قیاسی- قانونی دارند دقیق و اکید ندانیم. مثلاً فروپاشی رادیواکتیو یك نمونهٔ یك میلیگرمی پولونیوم ۲۱۸ را در نظر بگیرید. فرض کنید معلوم شود که جرم بازماندهٔ این نمونه پس از ۳ر۰۵ دقیقه میان ۰ر۴۹۹ و ۰ر۵۰۱ گرم است. این یافته را می‌توان بر پایهٔ قانون احتمالی فروپاشی پولونیوم ۲۱۸ تبیین کرد، زیرا آن قانون، وقتی با اصول احتمال ریاضی همراه شود، به نحو قیاسی ایجاب می‌کند که، با توجه به شمار عظیم اتمها در یك

میلیگرم، احتمال نتیجه‌ای که ذکر کردیم بسیار زیاد باشد، به طوری که در عمل می‌توان وقوع آن را با «یقین عرفی» انتظار داشت.

یا تبیینی را در نظر بگیرید که از نظریهٔ جنبشی گازها برای قانونی که از راه تجربی برقرار شده، و قانون نفوذ گراهام[13] نام دارد، به دست می‌آید. این قانون می‌گوید که در دما و فشار ثابت، سرعت گریز یا نفوذِ گازهای مختلف داخل یك ظرف از یك دیوارهٔ متخلخل، با جذر وزن مولکولی آنها نسبت عکس دارد، به طوری که هرچه مقدار گازی که در یك ثانیه از دیواره نفوذ می‌کند بیشتر باشد مولکولهای آن سبکتراند. تبیینْ بر این ملاحظه استوار است که جرم گازی که در یك ثانیه از دیواره نفوذ می‌کند با سرعت متوسط مولکولهای آن متناسب است، و بنابراین اگر بتوانیم نشان دهیم که سرعتهای مولکولی متوسط گازهای خالص گوناگون با جذر وزن مولکولی آنها نسبت عکس دارد، قانون گراهام تبیین می‌شود. برای نشان‌دادن این امر، نظریهٔ جنبشی فرضهایی می‌کند تقریباً به این مضمون که گاز از تعداد بسیار زیادی مولکول ساخته شده است که به صورت بیسامان و با سرعتهای گوناگون در حرکت‌اند و سرعت آنها غالباً بر اثر برخورد عوض می‌شود، و نیز در این رفتار بیسامان پاره‌ای نظمهای احتمالی دیده می‌شود- بویژه اینکه در میان مولکولهای یك گاز معیّن در دما و فشار مشخص، سرعتهای گوناگون با احتمالهای متفاوت، و معیّن، رخ می‌دهند. با این فرضها می‌توان مقادیری را که از لحاظ احتمالی انتظار می‌رود سرعتهای متوسط گازهای گوناگون در دماها و فشارهای یکسان داشته باشند- یا به عبارت مختصر، «محتملترین» مقادیر متوسط را- محاسبه کرد. نظریه نشان می‌دهد که این محتملترین مقادیر متوسط درواقع با جذر وزن مولکولی هر گاز نسبت عکس دارند. اما سرعتهای واقعی نفوذ، که از راه آزمایش اندازه‌گیری می‌شود و موضوع قانون گراهام است، بستگی به مقادیر واقعیِ سرعتهای متوسط در درون تودهٔ عظیم و در عین حال متناهی مولکولها، که نمونه‌های واقعی گاز را به وجود می‌آورند، خواهد داشت. و نحوهٔ ارتباط مقادیر متوسّط واقعی با مقادیری که از راه حساب احتمالات برآورد می‌شود- یا محتملترین مقادیر- شبیه رابطه‌ای است که میان نسبت «آمدن» رُخ یك در رشته‌ای طولانی اما متناهی از پرتاب طاس با احتمالی که برای آمدن رخ یك پیش‌بینی می‌شود، وجود دارد. از نتیجه‌ای که در

13. Thomas Graham

مورد برآوردهای احتمالی به طور نظری به دست آوردیم نتیجه می‌شود که، درست به دلیل شمار عظیم مولکولها، احتمال بسیار زیاد دارد که در هر زمان معیّن مقادیر سرعتهای متوسط واقعی به مقادیری که به طور احتمالی برآورد شده بسیار نزدیک باشد؛ و بنابراین، عملاً مسلّم است که مقادیر متوسّط واقعی مانند مقادیر اخیر با جذر جرمهای مولکولی نسبت عکس دارند و از این‌رو از قانون گراهام پیروی می‌کنند.[۱۴]

پس می‌توان گفت که به این طریق دلیل اینکه چرا گازها از خود نظمی ظاهر می‌سازند که با قانون گراهام بیان می‌شود تبیین می‌گردد، هرچند این تبیین تنها با قیدِ احتمال زیادی که با آن همراه است درست باشد. در کتابهای درسی و نوشته‌های فیزیکی نیز این گونه بیانهای احتمالی را غالباً تبیین می‌نامند.

۱۴. سرعتهای «متوسط» که در اینجا مورد بحث است اصطلاحاً سرعتهای میانگین مجذوری خوانده می‌شوند، و مقدار آنها با سرعتهای متوسط، به مفهوم معمولی میانگین حسابی، تفاوت چندانی ندارد. در فصل ۲۵ از کتاب هولتون و رولر، *Foundations of Modern Physical Science* دربارهٔ کلیات تبیین نظری قانون گراهام به اختصار بحث شده است. دربارهٔ تفاوت میان مقدار متوسط یك کمیت برای تعدادی متناهی از موارد و مقداری که از راه حساب احتمالات برای آن کمیت برآورد می‌شود یا انتظار می‌رود، و در منبع فوق به آن تصریح نشده، به اختصار در فصل ۶ کتاب زیر (بخصوص قسمت ۴ آن) بحث شده است: R.P. Feynman, R.B. Leighton, and M. Sands, *The Feynman Lectures on Physics* (Reading, Mass.: Addison-Wesley Publishing Co., 1963).

۶

نظریه‌ها و تبیین نظری

۱.۶ خصوصیات کلی نظریه‌ها

در فصلهای گذشته بارها نقش مهمی را که نظریه‌ها در تبیین علمی ایفا می‌کنند متذکر شدیم. اکنون ماهیت و کار نظریه‌ها را به طور منظم و با تفصیل بیشتر بررسی می‌کنیم.

نظریه‌ها معمولاً وقتی پا به میدان می‌گذارند که قبلاً در بررسی طبقه‌ای از پدیده‌ها، وجود مجموعه‌ای از نظمها که به صورت قانونهای تجربی بیان کردنی‌اند در میان آنها آشکار شده باشد. هدف نظریه‌ها تبیین آن نظمها و به طور کلی به دست‌دادن شناخت عمیقتر و دقیقتری از پدیده‌های مورد نظر است. نظریه، برای رسیدن به این منظور، آن پدیده‌ها را جلوه‌های موجودات و فرایندهایی که گویی در پس آنها قرار دارند، فرض می‌کند. فرض می‌شود که بر این موجودات قوانین یا اصول نظری ویژه‌ای حاکم است، و نظریّه به مدد این قوانینْ می‌تواند نظمهای تجربیی را که پیشتر کشف شده تبیین کند و معمولاً نظمهای جدیدی از همان نوع را هم پیش‌بینی کند. چند مثال را بررسی می‌کنیم.

منظومه‌های بطلمیوسی و کوپرنیکی سعی داشتند حرکات «ظاهری» و مشهود اجرام آسمانی را به کمك فرضهای مناسبی در مورد جهان اختران و «حرکات واقعی» اجرام سماوی تبیین کنند. نظریهٔ ذره‌ای و نظریهٔ موجی نور هر یك سعی داشت ماهیت نور را بر پایهٔ پاره‌ای فرایندهای پنهانی توضیح دهد، و هر کدام در تبیین نظمهایی که قبلاً کشف شده بود، و با قوانین انتشار مستقیم و بازتاب و شکَست و پراکنش نور بیان

می‌شد، می‌گفت که این قوانین از قوانین بنیادیی که بر آن فرایندهای پنهان حاکم‌اند پیروی می‌کنند. بدین ترتیب در نظریهٔ موجی هویگنس، شکست باریکهٔ نوری که از هوا به شیشه عبور می‌کند نتیجهٔ کندشدن حرکت امواج نورانی در محیط چگالتر شمرده می‌شود و این پدیده به این طریق تبیین می‌گردد. در مقابل، نظریهٔ ذره‌ای نیوتن شکست نور را نتیجهٔ جاذبهٔ نیرومندتری که در محیط چگالتر بر ذرات نور وارد می‌شود می‌شمارد. در ضمن، این تصوّر فقط خم‌شدن مشهودِ باریکهٔ نور را ایجاب نمی‌کند، بلکه وقتی هم که با فرضهای اصلی دیگر نظریهٔ نیوتن ترکیب شود ایجاب می‌کند که سرعت ذرات نور در ورود به محیط چگالتر افزایش یابد و نه آن طور که نظریهٔ موجی اقتضا می‌کند کمتر شود. این نتایج متعارض، چنانکه پیشتر گفتیم، در حدود دویست سال پیش در آزمایشی که در فصل ۳ به اختصار بررسی شد به دست فوکو به محک آزمون زده شد و نتایج این آزمایش نتایج نظریهٔ موجی را تأیید کرد.

مثالی دیگر. نظریهٔ جنبشی گازها برای حوزهٔ وسیعی از نظمها که به طریق تجربی به دست آمده است تبیینی به دست می‌دهد، بدین ترتیب که آنها را جلوهٔ ماکروسکوپی نظمهای آماریی می‌شمارد که در میان پدیده‌های اتمی و مولکولی برقرار است.

موجودات و فرایندهای بنیادیی که در هر نظریه فرض می‌گردد، و قوانینی که بر رفتار آنها حاکم شمرده می‌شود، باید با دقت و وضوح لازم مشخص شوند، وگرنه آن نظریه نخواهد توانست به هدف علمی خود نایل شود. این نکتهٔ مهم را می‌توان با استفاده از مفهومی که حیاتگرایان جدید از پدیده‌های زیستی دارند نشان داد. چنانکه همه می‌دانند، موجودات زنده خصوصیات جالب توجه بسیاری از خود ظاهر می‌سازند که به نحو نمایانی با هدف یا غایتمند به نظر می‌آید. از جمله اینکه بعضی از انواع جانداران اندامهای از دست‌داده را دوباره تولید می‌کنند. در بعضی دیگر، از رویانهایی که در مراحل نخستین رشد خود آسیب دیده‌اند یا حتی به چند تکه شده‌اند، موجوداتی معمولی به وجود می‌آید، و نیز در تکامل موجودات زنده فرایندهای مختلف چنان با یکدیگر هماهنگ می‌شوند که گویی موجود زندهٔ بالغ بر اثر پیروی از یك طرح مشترك ساخته می‌شود. به نظر حیاتگرایان جدید، این پدیده‌ها در موجودات بیجان دیده نمی‌شود و نمی‌توان تنها با مفهومها و قانونهای فیزیك و شیمی توضیحشان داد، بلکه این ویژگیها جلوه‌های عواملی غایتمند و غیرفیزیکی است که «کمال» یا «نیروی حیاتی» خوانده می‌شوند. معمولاً فرض می‌شود که نحوهٔ عمل خاص این عوامل

مغایرتی با قوانین فیزیك و شیمی ندارد و فقط طوری است که فرایندهای آلی را، درون راههایی که قوانین فیزیك و شیمی باز گذاشته‌اند، چنان هدایت می‌کند که، حتی با وجود عوامل مُزاحم، از رویانها افراد عادی به‌وجود می‌آید و جانداران بالغ کارکرد مناسب خود را حفظ می‌کنند یا باز می‌یابند.

ممکن است چنین به نظر بیاید که این تصوّر ما را به درك پدیده‌های عجیب مورد بحث بیشتر موفق می‌کند، و به ما این احساس را می‌دهد که با این پدیده‌ها آشناتر و «مأنوس‌تر» هستیم. اما مراد ما از فهمیدن در علم این نیست و نظامی از مفاهیم را که به این شیوهٔ شهودی بصیرتی در مورد پدیده‌ها به ما بدهد، تنها به‌این دلیل، نظریهٔ علمی نمی‌توان شمرد. فرضهایی که در هر نظریه دربارهٔ فرایندهای پنهان می‌شود باید به اندازه‌ای مشخص باشد که بتوان از آنها در مورد پدیده‌هایی که باید در آن نظریه تبیین شود نتایجی استخراج کرد. نظریهٔ حیاتگرایی جدید از این حیث موفّق نیست. این نظریه تعیین نمی‌کند که کمالها در چه شرایطی وارد عمل می‌شوند، و بویژه فرایندهای زیستی را به چه نحو هدایت می‌کنند. فی‌المثل هیچ جنبهٔ خاصی از رشدِ رویان را نمی‌توان از این نظریّه استنتاج کرد و نیز نمی‌توان از روی این نظریه دریافت که در شرایط آزمایشی معیّن موجودات زنده چه واکنشهایی از خود نشان خواهند داد. بنابراین وقتی که مورد جدید و جالب توجهی از «هدفداریِ آلی» مشاهده شود، تنها کاری که با یاری گرفتن از تعالیم حیاتگرایان جدید می‌توان کرد این است که چون در برابر عمل انجام شده قرار بگیریم اعلام کنیم که: «این جلوهٔ دیگری از نیروهای حیاتی است!» و به هیچ‌وجه از این نظریه مبنایی به دست نمی‌آید که با تکیه بر آن بتوان گفت: «بر اساس فرضهای نظری، این درست همان چیزی است که باید رخ می‌داد- نظریهٔ ما این پدیده را تبیین می‌کند.»

منشأ این نقص در نظریهٔ حیاتگرایان جدید این نیست که کمالها عواملی غیرمادّی فرض می‌شوند که نه دیده می‌شوند و نه به حس درمی‌آیند. برای روشن شدن مسأله این مورد را با توضیح نظمهای حرکات ماه و سیارات به کمك نظریهٔ نیوتنی مقایسه می‌کنیم. هر دو تبیین به عوامل غیرمادّی، یکی به نیروهای حیاتی و دیگری به نیروی گرانش، متوسّل می‌شوند. اما نظریهٔ نیوتنی شامل فرضهای مشخصی است که در قالب قانون گرانش و قوانین حرکت بیان شده‌اند و تعیین می‌کنند که (الف) هر مجموعه‌ای از اجسام فیزیکی، با جرمها و مکانهای معلوم، چه نیروی گرانشی بر هم وارد می‌کنند؛

(ب) این نیروها چه تغییراتی در سرعتهای این اجسام، و در نتیجه در مکانهای آنها، پدید خواهند آورد. همین خصوصیّت است که باعث می‌شود این نظریه نظمهایی را که در گذشته کشف شده است تبیین کند و نیز رویدادهای آینده و گذشته را پیشگویی و پسگویی کند. مثلاً هالی با استفاده از این نظریه پیشگویی کرد که ستارهٔ دنباله‌داری که در ۱۶۸۲ مشاهده کرده بود در ۱۷۵۹ باز می‌گردد، و نیز از راه پسگویی معلوم کرد که این همان ستارهٔ دنباله‌داری است که ظهورش شش بار پیش از آن، که نخستین بارش در ۱۰۶۶ بوده است، گزارش شده است. این نظریه همچنین در کشف سیارهٔ نپتون، براساس بی‌نظمیهای مدار اورانوس، و پس از آن در کشف سیارهٔ پلوتون بر پایهٔ بی‌نظمیهایی در مدار نپتون، نقش تبیینی و پیشگویانهٔ چشمگیری ایفا کرد.

۲.۶ اصول درونی و اصول رابط

پس به طور کلی در تنظیم هر فرضیّه باید دو نوع اصل را مشخّص کرد، که ما برای اختصار آنها را «اصول درونی» و «اصول رابط» می‌نامیم. اصول درونی مشخص کنندهٔ موجودات و فرایندهای بنیادیی است که آن نظریه به آنها متوسّل می‌شود، و نیز مشتمل بر قوانینی است که فرض می‌شود بر این موجودات و فرایندها حاکم‌اند. اصول رابط معلوم می‌کند که فرایندهای مورد بحث در آن نظریه به چه نحو با پدیده‌های تجربی که از قبل با آنها آشنایی داریم، و نیز با پدیده‌هایی که آن نظریه ممکن است از آن پس تبیین یا پیشگویی یا پسگویی کند، ارتباط می‌یابد. اکنون به بررسی چند مثال می‌پردازیم.

در نظریهٔ جنبشی گازها اصول درونی عبارت است از اصولی که «خُردْ پدیده‌ها» را در سطح مولکولی مشخص می‌کنند، اما اصول رابط برخی از وجوهِ خُردْ پدیده‌ها را به ویژگیهای ماکروسکوپی گاز که متناظر با آنها شمرده می‌شوند مربوط می‌کنند. تبیین قانون نفوذ گراهام را که در بخش ۶.۵ مورد بحث قرار گرفت در نظر بگیرید. اصول درونیی که در این تبیین وارد می‌شود شامل فرضهایی دربارهٔ سرشت تصادفی حرکات مولکولها و قوانین احتمالی حاکم بر آن است. اصول رابط شامل این فرضیه است که آهنگ نفوذ، که از ویژگیهای ماکروسکوپی گاز است، با سرعت متوسّط مولکولهای آن، که کمّیتی است که در سطح میکروسکوپی تعریف می‌شود، متناسب است.

یا تبیین قانون بویل را، که می‌گوید فشار جرم ثابتی از گاز در دمای ثابت با حجم آن نسبت عکس دارد، به کمك نظریهٔ جنبشی در نظر بگیرید. در این تبیین اساساً به همان

اصول درونیی متوسل می‌شویم که در تبیین قانون گراهام به کار گرفتیم، و ارتباط با کمیت ماکروسکوپی فشار با اصل رابطی برقرار می‌شود به این مضمون که: فشاری که مقداری گاز داخل یك ظرف وارد می‌آورد ناشی از برخورد مولکولها با دیواره‌های ظرف است و مقدار آن مساوی با مقدار متوسّط اندازهٔ حرکتی است که مولکولها در هر ثانیه به واحد سطح دیواره منتقل می‌کنند. از این فرضها این نتیجه به دست می‌آید که فشار گاز مستقیماً با سرعت متوسّط مولکولهای آن متناسب است و با حجم آن نسبت عکس دارد. آنگاه در این تبیین از اصل رابط دیگری استفاده می‌شود و آن این است که سرعت و انرژیِ جنبشی متوسّط مولکولهای هر گاز، تا وقتی که دمای آن تغییر نکند، ثابت می‌ماند. و این اصل، وقتی در کنار نتیجهٔ پیشین به کار رود، آشکارا به قانون بویل منجر می‌شود.

در مثالهایی که بررسی کردیم، می‌توان گفت که اصول رابط بعضی از موجوداتی را که وجودشان در نظریه فرض شده است و قابل مشاهده یا اندازه‌گیری مستقیم نیستند (مثل ذرات متحرّك و جرم و اندازهٔ حرکت و انرژی آنها)، به جنبه‌های کم‌وبیش مشاهده‌کردنی یا اندازه‌گرفتنی اشیائی با اندازه‌های متعارف (مثلاً دما یا فشار گاز که با فشارسنج یا دماسنج اندازه‌گیری می‌شود) مربوط می‌کنند. امّا اصول رابط همیشه کارشان مربوط کردن «مشاهده‌ناپذیرهای نظری» به «مشاهده‌پذیرهای تجربی» نیست. این موضوع را تبیین بور از نظم تجربیی که با قانون بالمر بیان می‌شود نشان می‌دهد. این قانون که پیشتر بررسی شد، به روشی که محاسبه‌اش ساده است، طول موجهای رشته‌ای از خطوط گسسته را که در طیف گُسیلی هیدروژن ظاهر می‌شود (و از لحاظ نظری تعدادشان بینهایت است) به دست می‌دهد. تبیین بور بر این فرضها استوار است که (الف) گسیلِ نور از بخار هیدروژنی که به شیوهٔ الکتریکی یا گرمایی «برانگیخته» شده باشد نتیجهٔ آزادشدن انرژی بر اثر پرش اتمها از سطح بالاتر انرژی به سطح پایین‌تر است؛ (ب) الکترون در اتم هیدروژن فقط یك مجموعهٔ معیّن (از لحاظ نظری بینهایت) از سطوح انرژی را که از نظر کمّی معیّن و گسسته‌اند در اختیار دارد؛ و (ج) انرژی $\triangle E$ که بر اثر پرش الکترون رها می‌شود نوری تولید می‌کند که فقط دارای یك طول موج است و طول موج آن λ از رابطهٔ $\lambda = (h.c)/\triangle E$ به دست می‌آید، که در آن h ثابت پلانك و c سرعت نور است. در نتیجه هر یك از خطوط طیفی هیدروژن متناظر با یك «پرش کوانتومی» میان دو سطح انرژی مشخص شمرده می‌شود، و از مفروضات

نظری بور فرمول بالمر با همهٔ جزئیات کمّیش به دست می‌آید. اصول درونیی که در این مورد به کار می‌رود شامل فرضهایی است که مدل بور را برای اتم هیدروژن، به‌صورت یك هستهٔ مثبت و الکترونی که در یکی از مدارهای ممکن به دور آن می‌چرخد، مشخص می‌کنند و فرض (ب) در بالا. اما اصول رابط عبارتند از فرضیه‌هایی چون فرضیه‌های (الف) و (ج) در بالا. این اصول موجودات «مشاهده‌ناپذیر» نظری را به موضوعی که می‌خواهیم تبیینش کنیم- یعنی طول موج خطوطی در طیف گسیلی هیدروژن- مربوط می‌کنند. این طول موجها به معنی متعارف کلمه مشاهده‌پذیر نیستند و آنها را نمی‌توان به همان صورت که طول و عرض یك قاب عکس یا وزن یك گونی سیب‌زمینی را اندازه می‌گیریم اندازه‌گیری کرد. اندازه‌گیری آنها کاری است بسیار غیرمستقیم که بر فرضهای بسیار، و از جمله بر فرضهای نظریهٔ موجی نور، استوار است. اما در حوزه‌ای که داریم بررسی می‌کنیم آن فرضها مسلّم گرفته شده‌اند و حتی در بیان نظمی هم که در صدد تبیین نظری آنیم مفروض‌اند. بنابراین لزومی ندارد پدیده‌ای که اصول رابط موجودات و فرایندهای یك نظریه را به آن مربوط می‌کند «مستقیماً» مشاهده‌پذیر یا اندازه‌گرفتنی باشد، بلکه امکان دارد این پدیده برحسب یك نظریه که قبلاً تثبیت شده است مشخص شود، و مشاهده و اندازه‌گیری آن ممکن است مستلزم قبول آن نظریه باشد.

چنانکه دیدیم، نظریه‌ها بدون اصول رابط قدرت تبیینی ندارند. باید افزود که بدون این اصول، نظریه‌ها آزمون‌پذیر هم نخواهند بود. زیرا اصول درونی هر نظریه با موجودات و فرایندهای خاصی که وجودشان در آن نظریه فرض شده است (مثلاً پرش الکترون از یك سطح انرژی به سطح دیگر در نظریهٔ بور) سروکار دارند، و بنابراین بیشتر برحسب «مفاهیم نظری» ویژه‌ای که به آن موجودات و فرایندها مربوط می‌شوند بیان می‌گردند. امّا نتایجی که به ما امکان آزمودن آن موجودات و فرایندها را می‌دهد باید برحسب امور و رویدادهایی که با آنها آشنایی قبلی داریم، و طرز مشاهده و اندازه‌گیری و توصیفشان را از قبل می‌دانیم، بیان شوند. به عبارت دیگر، هرچند اصول درونی هر نظریه برحسب الفاظ نظری ویژهٔ آن («هسته»، «الکترون مداری»، «سطح انرژی»، «پرش الکترونی») بیان می‌شوند، نتایج آزمودنی باید برحسب الفاظی (چون «بخار هیدروژن»، «طیف گسیلی»، «طول موج مربوط به یك خط طیفی») که قبلاً شناخته شده‌اند تقریر شوند، یعنی برحسب الفاظ و اصطلاحاتی که پیش از آن نظریه

معرفی شده‌اند و کاربردشان مستقل از آن است. این الفاظ را «پیش شناخته» یا «مقدم بر نظریه» می‌نامیم. به دست آوردن این گونه نتایج آزمودنی از اصول درونی هر نظریّه آشکارا نیازمند مقدمات دیگری است که میان این دو دسته از مفاهیم ارتباطی برقرار کنند، و این منظور، چنانکه از مثالهای پیشین برمی‌آید، با اصول رابط مناسب حاصل می‌شود (که مثلاً انرژی آزاد شده در پرش الکترونی را به طول موج نوری که در نتیجهٔ آن گسیل می‌شود مربوط می‌کنند). بدون اصول رابط از اصول درونی نظریّه هیچ گونه نتیجهٔ آزمودنی به دست نمی‌آید و شرط آزمون‌پذیری نقض می‌گردد.

۳.۶ فهم نظری

آزمون‌پذیری علی‌الاصول و مناسبت تبیینی، هرچند کمال اهمیّت را دارند، با این حال کمترین شرایطی هستند که هر نظریهٔ علمی لازم دارد، نظامی که این شرایط را دارا باشد ممکن است هیچ چیزی را روشن نکند و از لحاظ علمی به هیچ‌وجه جالب نباشد.

خصوصیاتی را که یك نظریهٔ خوب علمی را مشخص می‌کنند نمی‌توان با عبارات بسیار دقیق بیان کرد، برخی از این خصوصیات را در فصل ۴، آنجا که دربارهٔ ملاحظات دخیل در تأیید و پذیرفتنی بودن فرضیه‌ها بحث می‌کردیم، بررسی کردیم. اکنون هنگام بیان چند ملاحظهٔ دیگر است.

در حوزه‌ای از تحقیق که قبلاً، با به دست آمدن قانونهای تجربی، تا اندازه‌ای به فهم پدیده‌ها نایل شده‌ایم، وجود یك نظریهٔ خوب فهم ما را هم عمیقتر و هم وسیعتر می‌کند. اولاً چنین نظریه‌ای تبیین منظم و یکسانی برای پدیده‌های بسیار متنوع به دست می‌دهد، سررشتهٔ همه را به فرایندهای پنهان یگانه‌ای وصل می‌کند و نشان می‌دهد که نظمهای تجربی گوناگونی که از خود ظاهر می‌سازند همه جلوه‌های مجموعهٔ واحدی از قوانین است. قبلاً یادآور شدیم که اصول بنیادی نظریهٔ گرانش و حرکت نیوتن چه مجموعهٔ عظیم و متنوّعی از نظمهای تجربی را (از نظم نمایان در سقوطِ آزاد، آونگِ ساده، حرکات ماه و سیارات و ستاره‌های دنباله‌دار و ستارگان دوگانه و ماهواره‌ها، امواج و جز آن) تبیین می‌کند. به همین نحو، نظریهٔ جنبشی گازها نشان می‌دهد که گونه‌های متنوعی از نظمهای تجربی جلوهٔ برخی نظمهای احتمالی بنیادی در حرکات بیسامان مولکولهاست. و نظریهٔ بور دربارهٔ اتم هیدروژن نه تنها نظمی را که با قانون بالمر بیان می‌شود، و فقط به یك رشته از خطوط در طیف هیدروژن مربوط می‌گردد،

تبیین می‌کند، بلکه به همین شیوه قانونهای تجربی دیگری را هم که مُعرّف طول موجهای رشته‌های دیگر خطوط در همان طیف است، از جمله چند رشته که اعضای آنها در بخشهای فروسرخ یا فرابنفشِ طیف قرار دارند، توضیح می‌دهد.

نظریه معمولاً فهم ما را به صورت دیگری هم توسعه می‌دهد، به این معنی که نشان می‌دهد قوانین تجربی که قبلاً تنظیم شده‌اند، و تبیین آنها از آن نظریه خواسته شده است، به صورت اکید و بدون استثناء برقرار نیستند بلکه فقط به طور تقریبی و در حوزهٔ کاربرد محدودی برقرارند. مثلاً تبیین نظری نیوتن از حرکات سیارات نشان می‌دهد که قوانین کپلر فقط به طور تقریبی برقرارند، و علّت این امر را نیز توضیح می‌دهد. اصول نیوتنی ایجاب می‌کند که مدار هر سیاره که تنها تحت تأثیر گرانش خورشید به حرکت درآید درست بیضی باشد، اما کشش گرانشی که سیارات دیگر بر آن وارد می‌آورند باعث می‌شود که سیاره از مسیر کاملاً بیضی‌شکل منحرف شود. نظریهٔ نیوتن اختلالات حاصل را به طور کَمّی، بر پایهٔ جرم و توزیع فضاییِ اجسام اختلالزا، تبیین می‌کند. به همین نحو نظریهٔ نیوتن قانون سقوط آزاد گالیله را جلوهٔ خاصی از قوانین بنیادی حرکت تحت‌تأثیر جاذبهٔ گرانشی می‌داند و به این صورت آن را تبیین می‌کند، اما ضمن این کار نشان می‌دهد که این قانون (حتّی وقتی در مورد سقوط آزاد در خلأ به کار رود) تنها به صورت تقریبی برقرار است. یکی از دلایل این امر این است که در فرمول گالیله شتاب سقوط آزاد به صورت مقداری ثابت ظاهر می‌شود و حال آنکه، به موجب قانون عکسِ مجذوری جاذبهٔ گرانشی نیوتن، نیرویی که بر جسمِ در حالِ سقوط وارد می‌شود با کاسته‌شدن فاصلهٔ آن از مرکز زمین افزایش می‌یابد، و بنابراین به‌دلیلِ قانون دوم حرکت نیوتن شتاب آن نیز ضمن سقوط افزایش می‌یابد. چنین نکاتی را می‌توان دربارهٔ قوانین نورشناسی هندسی نیز، هنگامی که از نظرگاه نورشناسی مبتنی بر نظریهٔ موجی به آن نگاه کنیم، گفت. مثلاً نور حتی در محیط همگن نیز کاملاً به خط مستقیم سیر نمی‌کند بلکه سرِ پیچها خم می‌شود. همچنین قانونهای نورشناسی هندسی برای بازتاب در آینه‌های منحنی و تشکیل تصویر توسّط عدسیها نیز فقط به‌طور تقریبی و در محدودهٔ معینی برقرار است.

بنابراین شاید وسوسه بشویم که بگوییم نظریه‌ها غالباً قانونهایی را که پیشتر برقرار شده‌اند تبیین نمی‌کنند بلکه آنها را ابطال می‌کنند. اما این نظر تصور نادرستی از بصیرتی که به کمک نظریه‌ها می‌توان حاصل کرد به دست می‌دهد. زیرا به هر حال

کار نظریه تنها ابطال احکام کلّی تجربی که پیشتر در آن حوزه برقرار شده نیست، بلکه نظریه نشان می‌دهد که در حوزهٔ محدود معینی که با تبصره‌هایی تعیین می‌شود این احکام کلّی با تقریب نسبتاً مناسب برقرارند. حوزه‌ای که قانون کپلر بدان محدود است شامل مواردی است که جرم سیاره‌های اضافی اختلالزا نسبت به جرم خورشید کم باشد، یا فواصل آنها با سیارهٔ مورد نظر در مقایسه با فاصلهٔ خورشید زیاد باشد. به همین نحو، نظریه نشان می‌دهد که قانون گالیله برای سقوط آزاد در فواصل کم به طور تقریبی برقرار است.

سرانجام، نظریهٔ خوب دانش و فهم ما را از این طریق نیز توسعه می‌دهد که پدیده‌هایی را تبیین و پیشگویی می‌کند که در زمان تدوین آن نظریه شناخته نبوده‌اند: مثلاً تصور توریچلی از اقیانوس هوا پاسکال را به این پیشگویی راهبری کرد که با بالارفتن از سطح دریا ارتفاع ستونِ جیوه در فشارسنج جیوه‌ای کاهش خواهد یافت. نظریهٔ نسبیت عام اینشتین نه تنها پیشروی آهستهٔ مدار عطارد را که در آن زمان شناخته بود تبیین کرد بلکه خم‌شدن نور در میدان گرانشی را نیز پیش‌بینی کرد، و این پیشگویی بعداً از راه رصد تأیید شد. نظریهٔ الکترومغناطیس ماکسول وجود امواج الکترومغناطیسی را ایجاب کرد و بسیاری از خصوصیات مهمّ انتشار آنها را هم پیشگویی کرد. این نتایج را بعداً کارهای تجربی هاینریش هرتس[1] تأیید کرد و این کارها مبنای تکنولوژی پخش رادیویی و بسیاری کاربردهای دیگر را فراهم آورد.

این گونه پیروزیهای چشمگیر در پیشگویی قطعاً اعتماد ما را به نظریه‌ای که قبلاً قوانینی را که پیش از آن برقرار شده‌اند به صورتی منظم و واحد تبیین ـ و غالباً تصحیح ـ کرده است افزایش می‌دهد. بصیرتی که از این گونه نظریه‌ها به دست می‌آید به مراتب عمیقتر از بصیرت حاصل از قوانین تجربی است، و از این رو عموماً معتقداند که تبیین دسته‌ای از پدیده‌ها که از لحاظ علمی کافی باشد فقط به کمک یک نظریهٔ مناسب می‌تواند حاصل شود. در حقیقت نکتهٔ قابل توجه این است که اگر ما توجه خود را به مطالعهٔ جنبه‌هایی از جهان که مستقیماً مشاهده‌کردنی یا اندازه‌گرفتنی‌اند منحصر می‌کردیم و سعی می‌کردیم این جنبه‌ها را، به شیوه‌ای که در فصل ۵ دیدیم، به کمک قانونهایی تبیین کنیم که برحسب مشاهده‌پذیرها بیان می‌شوند، کوشش ما چندان با

1. Heinrich Hertz

موفقیت همراه نمی‌شد. زیرا قانونهایی که در سطح مشاهداتی تدوین و تنسیق می‌شوند فقط به طور تقریبی و در حوزهٔ محدودی برقرارند، اما با توسل به موجودات و رویدادهایی که در پس رویهٔ آشنا و متعارف قرار دارند و ابداع نظریه‌ها، می‌توان به توضیحی بسیار جامعتر و دقیقتر دست یافت. تأمل در این مسألهٔ نظری بد نیست که آیا جهانهای ساده‌ای می‌توان تصور کرد که همهٔ پدیده‌های آنها، به اصطلاح، در مرتبهٔ مشاهده‌پذیر باشند، و در آنجا چیزی جز تغییرشکل و رنگ، در حوزهٔ محدودی از امکانات، و درست بر طبق قانونهای ساده‌ای با صورت کلی، رخ ندهد.

۴.۶ شأن وجودیِ موجودات نظری

در هر حال، علوم طبیعی ژرفترین و پردامنه‌ترین بینشهای خود را با فرا رفتن از مرتبهٔ پدیده‌های آشنای تجربی به دست آورده‌اند، و بنابراین جای تعجب نیست که بعضی از متفکران ساختارهای بنیادین و نیروها و فرایندهایی را که در نظریه‌های معتبر فرض شده‌اند تنها اجزاءِ واقعی جهان بشمارند. این نظری است که ادینگتون در مقدمهٔ کتاب *ماهیت جهان فیزیکی* خود به صورت برانگیزنده‌ای بیان کرده است. ادینگتون ابتدا به خواننده می‌گوید که وقتی می‌خواسته است نوشتن این کتاب را آغاز کند دو صندلی خود را پشت دو میز خود گذاشته است، و سپس به بیان تفاوتهای دو میز می‌پردازد:

> یکی از این دو از زمان کودکی برای من آشناست.... این میز بُعد دارد، نسبتاً دوام و بقا دارد، رنگین است، و از همه بالاتر، *جسمانیّت دارد*.... میز شمارهٔ ۲ میز علمی من است. بیشتر آن... خلأ است، در درون این خلأ و با تفرّق بسیار بارهای الکتریکی فراوانی هستند که با سرعت زیاد از این سو به آن سو می‌تازند، امّا حجم این بارها روی هم کمتر از یك میلیاردم حجم خود میز می‌شود. با این حال این میز کاغذ تحریر مرا به خوبی میز شمارهٔ ۱ نگاه می‌دارد، زیرا وقتی کاغذ را روی آن قرار می‌دهم ذرات کوچك الکتریکی با حرکات سریع مستقیمی که دارند به زیر آن اصابت می‌کنند و بنابراین ورقهٔ کاغذ مثل توپ بدمینتون در یك سطح نسبتاً پایدار باقی می‌ماند. از زمین تا آسمان فرق می‌کند که کاغذی که پیش‌روی من است روی بال یك فوج مگس قرار گرفته باشد... یا به این دلیل نیفتد که زیر آن جوهر جسمانی قرار دارد- جسمی که خاصیت ذاتیش این است که مکان را اشغال می‌کند و اجسام دیگر را به آن مکان راه نمی‌دهد... این نکته نیاز به گفتن ندارد که فیزیك جدید ازراه آزمایشهای ظریف و قاطع و منطقی مرا متقاعد کرده است که میز علمی من تنها

> میزی است که وجود واقعی دارد... از سوی دیگر، باز هم نیاز به گفتن ندارد که فیزیك جدید هیچ راهی برای رام کردن و افسون کردن آن میز اول، که آمیزهٔ غریبی است از طبیعت خارجی و خیالپردازی ذهنی و پیشداوریهای موروثی- میزی که چشم من آن را می‌بیند و دست من آن را لمس می‌کند ـ نمی‌شناسد.[2]

اما این مفهوم، هرقدر هم نویسنده در بیان آن هنر به خرج داده باشد، اعتباری ندارد، زیرا توضیح دادن پدیده‌ها به معنی نفی آنها نیست. در تبیین نظری نه قصد بر این است که وجود واقعی اشیاء و رویدادهایی که تجربهٔ روزمره به آنها تعلّق می‌گیرد نفی شود و نه چنین نتیجه‌ای از آن به دست می‌آید. در نظریهٔ جنبشی گازها به هیچ‌وجه ثابت نمی‌شود که توده‌های ماکروسکوپی گاز که حجمشان بر اثر تغییر فشار تغییر می‌کند و با سرعتهای خاصی از دیواره‌های متخلخل نفوذ می‌کنند و خواص دیگری هم دارند، وجودِ واقعی ندارند، و آنچه وجود «واقعی» دارد فوج مولکولهایی است که بی هیچ نظمی درهم می‌لولند. به عکس، این نظریه وجود رویدادها و نظمهای ماکروسکوپی را مسلّم فرض می‌کند و آنگاه سعی می‌کند که این رویدادها و نظمها را به کمك خُرده‌ساختارها و خُرده‌فرایندهایی که در تغییرهای گوناگون آنها دخیل‌اند توضیح دهد. مفروض بودن پدیده‌های کلان در این نظریه از اینجا معلوم می‌شود که در اصول رابط آن به برخی خصوصیّات ماکروسکوپی مثل فشار، حجم، دما، سرعت نفوذ، که با اشیاءِ کلان و فرایندهای کلان ارتباط دارند، اشاره‌های صریحی دیده می‌شود. همچنین، در نظریهٔ اتمی ماده ثابت نمی‌شود که میز یك جسم مادّی و سختِ و صُلب نیست، بلکه وجود این خصوصیّات مسلّم فرض می‌شود و آن نظریه می‌کوشد تا معلوم کند که میز این خصوصیات ماکروسکوپی را از دولت سر کدام جنبه از خُردِه‌فرایندهای بنیادی به‌دست آورده است. البته ممکن است نظریّه، ضمن این کار، خطابودن برخی از تصوّراتی را که ما برحسب عادت دربارهٔ ماهیّت جسم جامد یا گازی مورد بحث داشته‌ایم، نشان دهد- مثلِ این تصوّر که این اجسام، هرقدر هم که اجزاءشان را کوچك در نظر آوریم، باز هم کاملاً همگن‌اند. اما میان تصحیح این گونه تصورات و اثبات اینکه اشیاءِ روزمره و خصوصیات آشنای آنها «وجودِ واقعی» ندارند تفاوت از زمین تا آسمان

---

2. A.S. Eddington, *The Nature of the Physical World* (New York: Cambridge University Press, 1929), pp. IX-XII.

است.

برخی از دانشمندان و فلاسفهٔ علم در این مسأله نظری اختیار کرده‌اند که درست نقطهٔ مقابل نظر پیشین است. به طور کلی، این گروه منکر وجود «موجودات نظری» اند یا فرضهای نظری مربوط به آنها را ساخته‌های هوشمندانه‌ای می‌دانند که اوصاف اشیاء و پدیده‌های مشاهده‌پذیر را به نحوی که از لحاظ صوری ساده و راحت است توصیف و پیشگویی می‌کنند. این نظرِ کلّی صورتهای مختلف دارد و معتقدان به آن هم دلایل گوناگونی دارند.

یکی از انواع ملاحظاتی را که در این باره هست، و در تحقیقات فلسفی اخیر دربارهٔ این موضوع تأثیر فراوان داشته است، به صورت زیر خلاصه می‌توان کرد: اگر بخواهیم نظریّه‌ای که پیشنهاد می‌کنیم معنای روشنی داشته باشد، باید مفاهیم نظری که در تنظیم و تنسیق آن به کار می‌رود به صورت روشن و عینی برحَسَب مفاهیمی که قبلاً موجود و شناخته است، تعریف شود. اما قاعدتاً، در نحوهٔ تنظیم نظریه‌ها که اکنون معمول است، این گونه تعریفهای کامل به دست داده نمی‌شود، و از بررسی منطقی و دقیق نحوهٔ ارتباط مفاهیم نظری جدید با مفاهیمی که از پیش موجوداند چنین برمی‌آید که شاید اصلاً نتوان به این نوع تعریفها دست یافت. معتقدان به این نظر می‌گویند که اگر نظریه‌ای برحسب مفاهیمی بیان شود که به این اندازه در مشخص کردنشان کم و کسر وجود داشته باشد، خود نیز فاقد معنای مشخص خواهد بود. اصول آن، که مدعی سخن گفتن از پاره‌ای موجودات و رویدادهای نظری‌اند، در واقع اصلاً گزاره به معنای دقیق کلمه محسوب نمی‌شوند و بنابراین نه صادق‌اند و نه کاذب، بیشترین چیزی که دربارهٔ آنها می‌توان گفت این است که از این اصول یك وسیلهٔ نمادین مؤثر و راحت فراهم می‌آید که به کمك آن می‌توان بعضی پدیده‌های تجربی معین را (مثلاً: ظهور خطوط معین را در طیف نگاری که در محل مناسب قرار گرفته باشد) از پدیده‌های دیگر (مثلاً: عبور تخلیهٔ الکتریکی از داخل گاز هیدروژن)، استنتاج کرد.

در فصل بعد نحوهٔ تعیین معنی الفاظ علمی را با دقت بیشتر بررسی می‌کنیم، امّا فعلاً به تذکر این نکته اکتفا می‌کنیم که شرط تعریف کامل، که اساس این برهان بر آن است، بیش از حد سختگیرانه است، زیرا مفاهیمی را که تعریف کاملشان را نمی‌دانیم، و فقط تعریفی جزئی برای آنها در دست داریم، می‌توان به صورت دقیق و روشن به کار برد. مثلاً، از مشخص کردن مفهوم دما از راه ارجاع به قرائت دماسنج جیوه‌ای تعریف

کامل دما به دست نمی‌آید، زیرا این روش دما را در بالاتر از نقطهٔ جوش جیوه یا پایین‌تر از نقطهٔ انجماد آن تعیین نمی‌کند، و با این حال، در این محدوده از این مفهوم می‌توان به‌صورت دقیق و عینی استفاده کرد. گذشته از این، حوزهٔ کاربرد آن را می‌توان با تعیین راههای دیگری برای اندازه‌گیری دما توسعه داد. نیز این اصل را در نظر بگیرید که جرم لَختی اجسام با شتابی که آن اجسام بر اثر واردآمدن نیروهای مساوی پیدا می‌کنند نسبت عکس دارد. این عبارت نیز منظور ما را از جرم جسم به طور کامل مشخص نمی‌کند، با این حال تعریفی جزئی به دست می‌دهد که با استفاده از آن می‌توان برخی از گزاره‌ها را که برحسب مفهوم جرم بیان می‌شوند آزمود. همچنین اصول رابط هر نظریه ملاکهایی جزئی برای کاربرد الفاظ نظری به دست می‌دهد که برحسب مفاهیمی بیان می‌شوند که قبلاً شناخته شده است. بنابراین، مشکل بتوان به بهانهٔ فقدان تعریف کامل گفت که الفاظ نظری، و اصول نظریی که این الفاظ را دربر دارند، چیزی جز ابزارهای نمادین برای محاسبه نیستند.

برهان دیگری هم در نفی وجود موجودات نظری اقامه شده است که با برهان پیشین به کلی تفاوت دارد. این برهان به این صورت است: هر مجموعه‌ای از یافته‌های تجربی را، هرچه هم غنی و گسترده‌تر باشد، علی‌الاصول می‌توان تحت قانونها یا نظریه‌های مختلف درآورد. مثلاً اگر مجموعه‌ای از جفتهای متناظر مقادیر یك متغیر «مستقل» و یك متغیر «وابسته» فیزیکی را به صورت نقاطی در روی یك نمودار نشان دهیم، چنانکه قبلاً دیدیم این نقاط را می‌توان با منحنیهای گوناگون به هم وصل کرد. و هریك از این منحنیها نمایش یك قانون استحسانی است که جفتهای متناظری را که تاکنون اندازه‌گیری شده‌اند توضیح می‌دهد. همین نکته را در مورد نظریه‌ها هم می‌توان گفت. اما وقتی دو نظریهٔ بدیل، مثل نظریه‌های ذره‌ای و موجی نور پیش از «آزمایشهای قاطع» قرن نوزدهم، بتوانند مجموعهٔ واحدی از پدیده‌های تجربی را به یك اندازه توضیح دهند، اگر برای موجودات نظری مفروض در یکی «وجود واقعی» قایل شویم باید موجودات نظریهٔ دیگر را هم که بکلی با آنها متفاوتند واقعی بدانیم. بنابراین نمی‌توان برای هیچ‌یك از موجوداتی که در این دو نظریه فرض می‌شود وجود واقعی قایل شد.

اما به موجب این استدلال باید بگوییم که وقتی صدای پرنده از بیرون به گوشمان می‌رسد نباید فرض کنیم که واقعاً در بیرون پرنده‌ای هست، زیرا در توضیح آن صدا

می‌توان به فرضیه‌ای دیگر متوسل شد و گفت که کسی با سوت صدای پرنده را درآورده است. اما روشن است که می‌توان درستی یکی از این دو فرضیه را، اگر در واقع یکی از این دو درست باشد، به روشهایی دریافت، زیرا این دو نحوهٔ بیان، گذشته از توضیح صدایی که به گوش ما رسیده است، نتایج دیگری هم دارند، و اگر بخواهیم پی ببریم که آیا آن صدا «واقعاً» از پرنده بوده است یا از چیز دیگری، می‌توانیم آن نتایج را به محك آزمون بزنیم. به همین نحو، چنانکه قبلاً گفتیم، آن دو نظریهٔ نوری نیز نتایج دیگری دارند که به کمك آنها می‌توان آن دو را آزمود و از هم تمیز داد و این کار عملاً هم صورت گرفته است. درست است که حذف برخی از فرضیه‌های قابل تصور که بدیل یکدیگر محسوب می‌شوند، هرگز میدان رقابت را به اندازه‌ای که فقط یك رقیب باقی بماند تنگ نمی‌کند، و بنابراین هیچ‌گاه با قطع و یقین نمی‌توان درستی فرضیهٔ معینی را ثابت کرد، نمی‌توان ثابت کرد که موجودات وضع شدهٔ آن واقعی‌اند، اما این حرف عیبی را که تنها گریبانگیر ادعای ما دربارهٔ موجودات نظری باشد بر ملا نمی‌کند، بلکه یکی از ویژگیهای عمومی هر نوع معرفت تجربی را بیان می‌دارد.

برهان سومی که بر علیه فرض وجود موجودات نظری اقامه شده است به اختصار چنین است: هدف تحقیق علمی، مآلاً، توضیح امور واقع به صورتی منظم و منسجم است و فرضهای تبیینی آن حتماً باید فقط به موجوداتی راجع شوند که دست‌کم بالقوه «امر واقع» محسوب شوند، یعنی دست‌کم بالقوه در دسترس حواس ما باشند. فرضیه‌ها و نظریه‌هایی که اساساً مدعی فراتر رفتن از پدیده‌ها یا تجربهٔ ما هستند، حداکثر ابزارهای صوری مفیدی محسوب می‌شوند، اما نمی‌توانند مدعی بازنمایی جنبه‌هایی از جهان واقعی باشند. بر پایهٔ این نوع ملاحظات، فیزیکدان و فیلسوف بزرگ ارنست ماخ و جمعی دیگر اعتقاد داشتند که نظریهٔ اتمی ماده یك الگوی ریاضی برای نمایش برخی از واقعیات به دست می‌دهد، اما نمی‌توان مدعی شد که اتمها یا مولکولها «واقعیت» فیزیکی دارند.

امّا قبلاً تذکر دادیم که اگر در علم کار خود را به بررسی پدیده‌های مشاهده‌پذیر منحصر کنیم، شاید اصلاً نتوان به تنظیم و بیان قوانین تبیین‌گر دقیق و کلی موفق شد، و اصول تبیینی دقیق کمّی و جامع را تنها بر پایهٔ موجودات بنیادینی چون مولکول و اتم و ذرات زیر اتمی می‌توان تنظیم و بیان کرد. و چون روش آزمون و تأیید این نظریات اساساً همان روشی است که در آزمون فرضیه‌هایی به کار می‌رود که برحسب رویدادها

و اشیاءِ کم‌وبیش مشاهده‌پذیر و سنجیدنی تنظیم و بیان شده‌اند، نفی موجوداتی که در نظریه‌ها فرض می‌شوند و خیالی خواندن آنها عملی بی‌دلیل به نظر می‌آید.

اما آیا به هر حال تفاوت مهمی میان دو سطح وجود ندارد؟ فرض کنید که بخواهیم طرز کار یك «جعبهٔ سیاه» معین را، که در پاسخ به انواع ورودیهای مختلف خروجیهای معین و پیچیده‌ای به دست می‌دهد، توضیح دهیم. باید فرضیه‌ای در مورد ساختمان داخلی جعبه ـ مثلاً بر اساس چرخ‌دنده و چرخ‌لنگر یا بر اساس سیم و لامپ خلأ و جریان الکتریکی ـ وضع کنیم. این فرضیه را می‌توان با تغییردادن ورودی و امتحان‌کردن خروجی مربوط به آن یا با گوش‌دادن به صدایی که از جعبه برمی‌خیزد و از این قبیل کارها، آزمود. اما این امکان هم وجود دارد که در جعبه را باز کنیم و فرضیه را از راه بررسی مستقیم بیازماییم، زیرا اجزائی که در فرضیه برای جعبه فرض شده همه اجزاءِ کلان و علی‌الاصول قابل مشاهده‌اند. اما وقتی که رابطهٔ میان تغییرات فشار و حجم گازی را که دمایش ثابت است برحسب ساز و کارهای خُردِ مولکولی تبیین می‌کنیم، این گونه آزمون از راه مشاهده ممکن نیست.

امّا تمایزی که در اینجا پیشنهاد شده به آن اندازه که می‌نماید روشن و گویا نیست، زیرا طبقهٔ رویدادهای مشاهده‌پذیری که به آن اشاره دارد به طور کاملاً دقیق مشخص نشده است. ظاهراً این طبقه باید همهٔ اشیاء و صفات و فرایندهایی را که حضور یا وقوعشان را انسانهای مشاهده‌گر معمولی «بلاواسطه»، و بدون میانجی‌گری ابزارهای خاص یا فرضیه‌ها و نظریه‌های تعبیرگر، درمی‌یابند، دربر بگیرد. ظاهراً چرخها و دنده‌ها و چرخ‌لنگرهای مثال ما، و نیز حرکتهایی که باعث اتصال آنها می‌شود، به این طبقه تعلق دارند. همچنین سیمها و کلیدها را نیز باید مشاهده‌پذیر دانست. امّا وقتی به‌شأن وجودی چیزهایی مثل لامپ خلأ می‌رسیم، تردیدهایی به وجود می‌آید. بی‌شك لامپ خلأ یك شیءِ فیزیکی و قابل دیدن و احساس مستقیم است؛ امّا وقتی که آن را (مثلاً هنگام توضیح‌دادن خروجی جعبهٔ سیاه) به نام لامپ خلأ می‌نامیم، شیئی را وصف می‌کنیم که دارای خصوصیت فیزیکی پیچیده‌ای است (یعنی دارای ساختمان فیزیکی خاصی است)، و بنابراین باید پرسید که آیا آن شیء «تحت آن توصیف» مشاهده می‌شود، یا نه؛ یعنی آیا خصوصیتی که لامپ خلأ دارد از نوعی است که حضور آن را در هر مورد خاص بتوان از راه مشاهدهٔ بی‌واسطه دریافت. برای اینکه حکم کنیم که شیءِ خاصی لامپ خلأ است یا نه گاهی کافی است که به قیافهٔ ظاهریش نگاه کنیم، امّا اگر

بخواهیم حکم ما اعتبار بیشتری داشته باشد- مثلاً در مثال جعبهٔ سیاه معلوم کند که آیا آن شیء لامپ خلأی است که درست کار می‌کند یا نه- باید به آزمونهای فیزیکی گوناگونی دست بزنیم؛ این آزمایشها مستلزم استفاده از دستگاههاست، و تعبیر ارقامی که این دستگاهها نشان می‌دهند گاهی به قبول تعداد زیادی قوانین فیزیکی و اصول نظری نیازمند است. امّا اگر برای آنکه چیزی را لامپ خلأ بنامیم لازم باشد که از قلمرو امور مشاهده‌پذیر فراتر برویم، مثال جعبهٔ سیاه قدرت خود را از دست می‌دهد.

همین استدلال را از جهتی کم‌وبیش متفاوت دنبال می‌کنیم. گفتیم که سیمهای داخل جعبهٔ سیاه را می‌توان مشاهده‌پذیر شمرد، و یقیناً منظور ما این نیست که اگر برای دیدن سیم ظریفی به دلیل ضعف بینایی ناچار شویم از عینك استفاده کنیم، آن سیم به صورت یك موجود خیالی درمی‌آید. امّا در این صورت، اگر اشیائی چون سیمها یا رشته‌های بسیار باریك یا ذرات کوچك غبار را که هیچ بشری نمی‌تواند بدون ذره‌بین ببیند، مشاهده‌ناپذیر بنامیم، کاری بی‌دلیل کرده‌ایم. به همین استدلال ناچاریم اشیائی را که فقط به کمك میکروسکوپ دیده می‌شوند مشاهده‌پذیر بنامیم، و همین طور جلو می‌رویم تا می‌رسیم به اشیائی که مشاهده‌شان فقط با شمارشگر گایگر یا اتاقك ابر یا میکروسکوپ الکترونی، یا ابزاری از این نوع، ممکن است.

پس، از اشیاءِ کلان زندگی روزانه تا باکتریها، ویروسها، مولکولها، اتمها و ذرات زیر اتمی رشتهٔ پیوسته‌ای هست، و هر مرزی که برای جداکردن اشیاءِ فیزیکی واقعی از موجودات ساختگی کشیده شود، کاملاً تحکّمی و بی‌دلیل است.[3]

۵.۶ تبیین و «تأویل به آشنا»

گاهی گفته می‌شود که کار تبیین علمی تأویل پدیده‌های حیرت‌آور، و غالباً ناآشنا، به واقعیات و اصولی است که از پیش با آنها آشنایی داریم، و بی‌شك این خصوصیت کاملاً برازندهٔ بعضی از تبیینهاست. تبیین قوانین نوری که قبلاً برقرار شده به کمك نظریهٔ

۳. بحث ما دربارهٔ شأن وجودی موجودات نظری به بررسی چند مسألهٔ مهم بنیادی منحصر است. تحقیقی کاملتر و عمیقتر در این مسأله، همراه با ارجاع به منابع دیگر، در فصلهای ۵ و ۶ کتاب نیگل *The Structure of Science* آمده است. کتاب بسیار جالب دیگری که به این مباحث پرداخته است:
J.J.C. Smart, *Philosophy and Scientific Realism* (London: Routledge and Kegan Paul Ltd.; New York: The Humanities Press, 1963).

موجی، تبیینهایی که از نظریهٔ جنبشی گازها و حتی مدل بور برای هیدروژن و عناصر دیگر به دست می‌آید- همه از مفاهیمی استفاده می‌کنند که قبلاً در تبیین پدیده‌های آشنا- مثل انتشار امواج آب، حرکت و برخورد توپهای بیلیارد، حرکت مداری سیارات برگرد خورشید- به کار رفته است و از این طریق با آنها آشنایی داریم. بعضی از نویسندگان، مثل کمبل[4] فیزیکدان گفته‌اند که هر نظریهٔ ارزشمند علمی باید «شباهتی را نشان دهد»، یعنی قوانین بنیادیی که اصول درونی آن نظریه برای موجودات و فرایندهای نظری تعیین می‌کنند باید «شبیه قانونهای شناخته شده‌ای» باشد؛ همچنانکه قوانین انتشار امواج نور شبیه قوانین انتشار امواج آب است (یعنی همان شکل ریاضی را دارد).

امّا این نظر که تبیین درست علمی تبیینی است که امور را، به معنی کم‌وبیش دقیق، به پدیده‌های آشنا تأویل کند تاب بررسی دقیق را نمی‌آورد. اولاً از این نظر چنین برمی‌آید که پدیده‌هایی که از پیش آشنای ما هستند به تبیین علمی نیاز ندارند و شاید هم تبیین آنها ممکن نباشد؛ و حال آنکه علم می‌کوشد پدیده‌های «آشنا» را نیز تبیین کند؛ پدیده‌هایی چون توالی منظم شب و روز و فصول، اهلّهٔ ماه، رعد و برق، الگوهای رنگی موجود در رنگین کمان و قطره‌های روغن روی آب، و این مشاهده که وقتی شن سفید و سیاه یا شیر و قهوه را مخلوط کنیم و تکان بدهیم یا هم‌بزنیم، این دو با هم می‌آمیزند امّا هیچ‌گاه از هم جدا نمی‌شوند. هدفِ تبیین علمی ایجاد احساس خودمانی‌بودن یا آشنایی با پدیده‌های طبیعی نیست. زیرا این نوع احساس را می‌توان از راه بیانهای استعاریی که هیچ‌گونه ارزش تبیینی ندارند، مثل این نظر که گرانش نوعی «خویشاوندی طبیعی» است، یا فرایندهای زیستی را نیروهای حیاتی هدایت می‌کنند، پدید آورد. هدف تبیین علمی، و به خصوص تبیین نظری، این نوع فهم شهودی و بسیار ذهنی نیست، بلکه هدف آن نوعی بینش عینی است و این بینش از راه وحدت بخشیدن منظم، از راه نشان‌دادن اینکه پدیدهٔ مورد بحث جلوهٔ ساختارها و فرایندهای نهانی مشترکی است که از اصول بنیادی مشخص و آزمون‌پذیری تبعیت می‌کنند، حاصل می‌شود. اگر بتوان این بیان را به زبانی کرد که شباهتی را با پدیده‌های آشنا نشان دهد، چه بهتر.

4. N.R. Campbell

در غیر این صورت، علم هیچ پروایی ندارد از اینکه حتی آشنا را به ناآشنا تأویل کند، و در این راه از مفاهیم و اصولی استفاده کند که به مذاق شهود ما خوش نیاید. این امر فی‌المثل در نظریهٔ نسبیت رخ داده است که نتایج شگفت‌آوری دربارهٔ نسبی بودن طول و جرم و فاصلهٔ زمانی و همزمانی دارد؛ و در مکانیک کوانتومی رخ داده است که اصل عدم قطعیت دارد و در مورد پدیده‌هایی که پای تک‌تک ذرات بنیادی در آنها به میان می‌آید از تصور اکید علّی دست شسته است.

۷

مفهوم‌سازی

۱.۷ تعریف

گزاره‌های علمی معمولاً برحسب الفاظ خاصی مانند «جرم»، «نیرو»، «میدان مغناطیسی»، «آنتروپی»، «فضای فاز»، و غیره بیان می‌شوند. اگر بخواهیم این الفاظ وافی به مقصود باشند باید معنایشان را مشخص کنیم، تا اطمینان یابیم که گزاره‌های حاصل به‌نحو مناسب آزمون‌پذیراند و می‌توان از آنها در کار تبیین و پیشگویی و پسگویی استفاده کرد. در این فصل به بررسی چگونگی این امر می‌پردازیم.

از لحاظ منظور ما، بهتر است میان *مفاهیمی* چون جرم و نیرو و میدان مغناطیسی و غیره، و *الفاظ* متناظر با آنها، یعنی عبارات لفظی یا نمادینی که نمایندهٔ این مفاهیم است، فرق بگذاریم. برای اشاره‌کردن به الفاظ خاص، همچنان که برای اشاره به هر چیز خاص دیگر، به نامها یا نشانه‌هایی برای آنها نیازداریم. بر طبق یك قرارداد متداول در منطق و فلسفهٔ تحلیلی، برای آنکه برای چیزی نام یا نشانه بسازیم، آن را داخل یك جفت ویرگول چپ و راست می‌گذاریم. به این طریق از الفاظی چون ‘جرم’، ‘نیرو’ و غیره سخن می‌گوییم- همان کاری که در ابتدای این بخش کردیم. پس کار ما در این فصل بررسی روشهای تعیین معنای الفاظ علمی و خصوصیاتی است که این روشها باید داشته باشند.

تعریف ظاهراً آشکارترین راه، و شاید تنها راه شایسته، برای مشخص کردن مفاهیم علمی باشد. اکنون به بررسی نحوهٔ عمل تعریف‌کردن می‌پردازیم. تعریف معمولاً به

یکی از این دو منظور کاملاً متفاوت صورت می‌گیرد:

الف] بیان یا وصف معنی یا معانی مقبول لفظی که هم اکنون به کار می‌رود.

ب] نسبت‌دادن معنی به یك لفظ مشخص از راه مواضعه. این لفظ ممکن است عبارت لفظی یا نمادینی باشد که جدیداً وضع شده است (مثلاً: 'مزون پی')، یا ممکن است لفظی قدیمی باشد که می‌خواهیم آن را به یك معنای خاصّ اصطلاحی به کار ببریم (مثل واژهٔ 'بیگانگی' در نظریهٔ ذرات بنیادی).

تعریفهای نوع اول را تعریف وصفی و تعریفهای نوع دوم را تعریف وضعی می‌توان نامید.

تعریفهای نوع اول را به این صورت می‌توان بیان کرد:

——— همان معنی را دارد که ---

لفظی که می‌خواهیم تعریفش کنیم، یا مُعَرَّف، به جای خط پُر سمت راست می‌نشیند و جای خط‌چین سمت چپ را عبارتی که کار تعریف را انجام می‌دهد، یا مُعَرِّف، می‌گیرد. نمونه‌هایی از این نوع تعریف وصفی:

'قوچ' همان معنی را دارد که 'گوسفند نر'،
'آپاندیسیت'، همان معنی را دارد که 'تورم آپاندیس'.

این نوع تعریفها معنای مقبول لفظ را به کمك الفاظ دیگر تحلیل می‌کنند، البته معنای الفاظ اخیر باید قبلاً معلوم باشد تا تعریف وافی به مقصود باشد. به این سبب، این نوع تعریفها را تعریف وصفی، یا به عبارت دقیقتر تعریف *تحلیلی*، می‌نامیم. در بخش بعد به بررسی گزاره‌هایی می‌پردازیم که می‌توان تعریف وصفی غیرتحلیلی محسوب شان کرد: این نوع تعریفها به جای مشخص کردن معنی یا مفهوم یك لفظ، دامنهٔ کاربرد یا مصادیق آن را مشخص می‌کنند. هر دو نوع تعریف وصفی مدعی‌اند که جنبه‌هایی از معنای مقبول یك لفظ را وصف می‌کنند، بنابراین می‌توان آنها را کم‌وبیش دقیق دانست وحتی صادق یا کاذب شمرد.

اما کار تعریف وضعی عرضه‌کردن و معرّفی عبارتی است که باید در ضمن بحث یا نظریهٔ معینی به معنای خاصی به کار رود. این نوع تعریفها را به این صورت می‌توان نوشت:

——— قرار است که همان معنی را داشته باشد که ---

یا

قرار می‌گذاریم که از ——— همان معنی را اراده کنیم که از ---

عبارات سمت راست و چپ را باز به ترتیب مُعَرَّف و مُعَرِّف می‌نامیم. تعریفهایی که به این صورت حاصل می‌شود از سنخ مواضعه یا قرارداد است، و پیداست که نمی‌توان صفت صدق یا کذب به آنها نسبت داد. از مثالهای زیر برخی از شیوه‌های بیان این نوع تعریفها در نوشته‌های علمی معلوم می‌شود. هریك از این تعریفها را می‌توان به آسانی به شکل تعریف معیار، که در بالا دیدیم، در آورد:

لفظ 'آکولی'[1] را محض اختصار به‌جای 'ترشح نشدن صفرا' به‌کار می‌بریم.
لفظ 'چگالی' خلاصهٔ 'جرم در سانتی‌مترمکعب' است.
منظور ما از اسید الکترولیتی است که یون هیدروژن آزاد کند.
ذراتی با بار صفر و عدد جرمی یك را نوترون می‌خوانیم.

لفظی را که از طریق تعریف تحلیلی یا وضعی تعریف شده باشد همواره می‌توان از جمله حذف کرد. به این طریق که تعریف آن را به جایش می‌گذاریم. با این عمل جمله به جملهٔ معادلی تبدیل می‌شود که فاقد آن لفظ است. مثلاً، به کمك یکی از تعریفهایی که در بالا بیان شد، جملهٔ 'چگالی طلا بیش از چگالی سرب است' به این صورت ترجمه می‌شود: 'جرم یك سانتی‌مترمکعب طلا برحسب گرم بیش از جرم یك سانتی‌مترمکعب سرب است'. به این اعتبار، به گفتهٔ کواین[2]، وقتی لفظی را تعریف کنیم در واقع راه احتراز از آن را نشان داده‌ایم.

فرمان «اول اصطلاحات خود را تعریف کنید!» طنین یك اصل اصیل علمی را دارد و ممکن است چنین به نظر بیاید که در حالت مطلوب هر لفظی که در یك نظریهٔ علمی یا شاخه‌هایی از علم به‌کار می‌رود باید به‌صورت دقیق تعریف شود. اما از لحاظ منطقی این کار ناممکن است، زیرا وقتی لفظی را تعریف کردیم باید در مرحلهٔ بعد همهٔ الفاظی را که در تعریف آن به کار رفته است تعریف کنیم، و بعد به تعریف الفاظی بپردازیم که در تعریف هریك از الفاظ اخیر به کار رفته است، و الی آخر. اما در زنجیرهٔ تعریفهایی که

1. acholia 2. W.V.O. Quine

به این صورت به دست می‌آید باید از افتادن به دام دور، یعنی تعریف یك لفظ به کمك بعضی از الفاظی که در زنجیره مقدم بر آن‌اند، احتراز کنیم. رشتهٔ تعریفهای زیر چنین دوری را نشان می‌دهد. در این رشته به جای عبارت 'همان معنی را دارد که' علامت اختصاری '= تعـ' را نشانده‌ایم:

گوسفند = تعـ قوچ یا میش
قوچ = تعـ گوسفند نر
میش = تعـ گوسفند، اما نه قوچ

برای آنکه معنای 'قوچ' را تعیین کنیم، باید به جای 'گوسفند' در تعریف دوّم مُعَرِّف آن را که در تعریف اول مشخص شده، بنشانیم. اما با این کار عبارت '(قوچ یا میش) نر'، به‌دست می‌آید که لفظ قوچ را برحسب خودش (و الفاظ دیگر) تعریف می‌کند، و به این سبب به منظور خود نایل نمی‌شود، زیرا باعث نمی‌شود که ما از استعمال لفظ تعریف‌شده احتراز کنیم. تعریف سوم نیز به همین مشکلات گرفتار است. اگر بخواهیم در کار تعریف همهٔ الفاظ یك نظام به این مشکل دچار نشویم تنها راه این است که هرگز از الفاظ به کار رفته در مُعَرِّفهایی که قبلاً در زنجیره تعریف شده‌اند استفاده نکنیم. اما در این صورت زنجیرهٔ تعریفهای ما هرگز پایان نخواهد یافت، زیرا هرقدر هم دور رفته باشیم الفاظی که در آخرین معرِّف به کار رفته‌اند محتاج به تعریف‌اند، زیرا فرض بر این است که قبلاً تعریف نشده‌اند. اما این تسلسل باطل است، زیرا فهم معنای هر لفظ تابع معنای لفظ بعدی خواهد بود و آن نیز به معنای لفظ بَعدی بستگی خواهد داشت، الی غیرالنهایه، و در نتیجه هیچ لفظی توضیح داده نخواهد شد.

بنابراین نمی‌توان همهٔ الفاظ هر نظام را برحسب الفاظ دیگر آن نظام تعریف کرد، و باید مجموعه‌ای از الفاظ، الفاظ به اصطلاح بدوی، وجود داشته باشد که در داخل نظام تعریف نشود و مبنایی برای تعریف همهٔ الفاظ دیگر باشد. این نکته به روشنی هرچه تمامتر در بیان اصل موضوعی نظریه‌های ریاضی رعایت می‌شود. مثلاً، در هر یك از صورتهای جدید بیان هندسهٔ اقلیدسی، سیاهه‌ای از الفاظ بدوی به صراحت معین می‌شود و همهٔ الفاظ دیگر از طریق زنجیره‌های تعریفهای وضعی، که به عباراتی منتهی می‌شوند که تنها شامل الفاظ بدوی‌اند، معرفی می‌شوند.[3]

۳. تفصیل این نکته را در کتاب زیر می‌توان یافت: ←

اکنون الفاظی را که در نظریهٔ علمی به کار می‌روند در نظر بگیرید. بر طبق تمایزی که در فصل ۶ پیشنهاد شد، این الفاظ را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد: الفاظ نظری به‌معنی اخص که ویژهٔ نظریه‌اند، و الفاظ مقدم بر نظریه که از قبل در دسترس‌اند. معنی الفاظ نظری به چه نحو مشخص می‌شود؟ نخست این نکته را متذکر می‌شویم که در نظریات علمی نیز، همچنانکه در نظریات ریاضی محض، بعضی از الفاظ نظری را می‌توان به کمك الفاظ دیگر تعریف کرد. در مکانیك، سرعت و شتاب لحظه‌ای هر جرم نقطه‌ای به صورت مشتق اول و دوم مکان جرم نقطه‌ای، که تابع زمان فرض می‌شود، تعریف می‌شود؛ در نظریهٔ اتمی، دوترون[4] را می‌توان به صورت هستهٔ ایزوتوپی از هیدروژن که عدد جرمیش ۲ است تعریف کرد؛ و غیره. اما این تعریفها هرچند در بیان نظریه‌ها و کاربرد آنها خدمت مهمی انجام می‌دهند، به تنهایی برای آنکه الفاظ تعریف شده را از محتوای تجربی معین برخوردار سازند، کافی نیستند. برای این منظور، گزاره‌هایی لازم است که معنی الفاظ نظری را به کمك عباراتی که معنی‌شان از قبل معلوم است و می‌توان بدون ارجاع به آن نظریه به کارشان برد، مشخص کنند. الفاظی که قبلاً الفاظ مقدم بر نظریه نام دادیم درست این منظور را برمی‌آورند. ما گزاره‌هایی را که به این طریق معنی الفاظ نظری، یا «الفاظ ویژه»، نظریهٔ معینی را برحسب واژگان از پیش موجود، یا مقدم بر نظریهٔ، آن مشخص می‌کنند، *جمله‌های تعبیرگر* می‌نامیم. اکنون سرشت این گونه جمله‌ها را دقیقتر بررسی می‌کنیم.

۲.۷ تعریفهای عملیاتی

مکتب عملیاتی، که بنیادش بر پژوهشهای فیزیکدانی به نام بریجمن[5] درباب روش علمی است، مفهوم بسیار خاصی را از ماهیت جمله‌های تعبیرگر پیشنهاد می‌کند. فکر اصلی مکتب عملیّاتی این است که معنی هر لفظ علمی را باید بتوان از راه تعیین یك

→

S. Barker, *Philosophy of Mathematics*, pp. 22-26, 40-41.

[ترجمهٔ فارسی: استفن بارکر، *فلسفهٔ ریاضی*، ترجمهٔ احمد بیرشك (خوارزمی، ۱۳۴۹)، ص ۴۹ تا ۵۳ و ۸۶ تا ۸۹.]

4. deuteron

۵. بریجمن نظرش را اول بار در کتابی که اکنون کلاسیك شده است، بیان کرد:

P.W. Bridgman *The Logic of Modern Physics* (New York: The Macmillan Company, 1927).

عمل آزمونی معین، که ملاکی برای کاربرد آن فراهم می‌آورد، تعیین کرد. این ملاکها را غالباً «تعریف عملیاتی» می‌خوانند. بعدها در این باره گفتگو می‌کنیم که این ملاکها را می‌توان تعریف نامید یا نه، اما ابتدا چند مثال را ببینیم.

در یکی از مراحل پیشین علم شیمی، لفظ 'اسید' را می‌شد به صورت زیر «تعریف عملیاتی» کرد. برای آنکه معلوم کنیم لفظ 'اسید' را دربارهٔ مایع معینی می‌توان به کاربرد یا نه ـ یعنی آن مایع اسید است یا نه ـ یك تکه کاغذ تورنسل آبی‌رنگ را در آن فرو می‌بریم. آن مایع اسید است هرگاه و فقط آنگاه که کاغذ تورنسل قرمز شود. این ملاك به یك *عمل آزمونی* معین (فروبردن کاغذ تورنسل) اشاره دارد که در نتیجهٔ آن می‌توان دریافت که آیا لفظ اسید را بر مایع خاصی می‌توان اطلاق کرد یا نه؛ و یك *نتیجهٔ آزمونی* معین را بیان می‌کند (قرمز شدن کاغذ تورنسل) که نشانهٔ قابل اطلاق بودن لفظ اسید بر آن مایع خاص محسوب می‌شود.

به همین نحو، لفظ 'سخت‌تر از' را، وقتی که در مورد کانیها به کار رود، به صورت عملیاتی به این طریق می‌توان تعریف کرد: برای آنکه تعیین کنیم کانی m_1 از m_2 سخت‌تر است، لبهٔ تیز m_1 را با فشار روی سطح m_2 می‌کشیم (عمل آزمونی). می‌گوییم m_1 از m_2 سخت‌تر است هرگاه m_1 روی m_2 خراش بیندازد (نتیجهٔ آزمونی معیّن).

در بعضی از تعریفها به صراحت صحبتی از اعمال و نتایج نمی‌شود، با این حال می‌توان آنها را به صورت تعریف عملیاتی در آورد. مثلاً این توصیف را از مغناطیس ملاحظه کنید: میلهٔ آهنی یا فولادی را مغناطیس می‌نامیم هرگاه براده‌های آهن به دو سر آن کشیده شوند و به آن بچسبند. بیانی از این توصیف که به صراحت عملیاتی است، چنین است: برای پی بردن به اینکه لفظ 'مغناطیس' را می‌توان بر میلهٔ آهنی یا فولادی معینی اطلاق کرد یا نه، آن را به براده‌های آهن نزدیك می‌کنیم. هرگاه براده‌ها به سوی دو سر میله کشیده شوند و به آن بچسبند، میله مغناطیس است.

الفاظی که در این سه مثال بررسی کردیم ـ 'اسید'، 'سخت‌تر از'، 'مغناطیس' ـ در اینجا نمایندهٔ مفاهیم غیر کمّی شمرده می‌شدند، بنابراین در ملاکهای عملیاتی هم تمهیدی برای درجهٔ اسیدی‌بودن، یا درجهٔ سختی، یا شدت خاصیت مغناطیسی، اندیشیده نشده بود. اما اصل عملیاتی طوری وضع شده است که برای مشخص کردن الفاظی چون 'طول'، 'جرم'، 'سرعت'، 'دما'، 'بار الکتریکی'، و امثال اینها، نیز به کار

رود. این الفاظ نمایندهٔ مفاهیم کمّی هستند که پذیرای مقادیر عددی‌اند. در این موارد، فرض می‌شود که تعریف عملیاتی روشی برای تعیین مقدار عددی آن کمیت در حالات خاص به دست می‌دهد، به عبارت دیگر، در این موارد تعریفهای عملیاتی به قاعده‌های اندازه‌گیری تبدیل می‌شوند.

مثلاً، در تعریف عملیاتی طول ممکن است دستورالعملی مشخص شود که شامل خط‌کشهای صُلب برای تعیین طول فاصلهٔ میان دو نقطه باشد، و در تعریف عملیاتی دما ممکن است تعیین شود که دمای یك جسم ـ مثلاً مایع ـ را چگونه باید با استفاده از دماسنج جیوه‌ای معیّن کرد، و از این قبیل.

در هر تعریف عملیاتی، دستورالعملی که می‌خواهیم به کار برود باید طوری انتخاب شود که هر ناظر توانایی بتواند بدون ابهام آن را انجام دهد، و نتیجهٔ آن باید به صورت عینی دریافتنی باشد و به شخصی که آزمون را انجام می‌دهد بستگی نداشته باشد. فی‌المثل در تعریف اصطلاح 'امتیاز هنری' پرده‌های نقاشی استفاده از دستورالعملی زیر مجاز نیست: در پردهٔ نقاشی تأمل کنید و روی یك مقیاس نقطه‌ای از ۱ تا ۱۰ محلی را که به نظرتان زیبایی نقاشی را به بهترین وجه نشان می‌دهد، مشخص سازید.

یکی از دلایل اصرار پیروان تعریف عملیاتی بر اینکه برای همهٔ الفاظ علمی باید ملاکهای عملیاتی روشن وجود داشته باشد این است که می‌خواهند به این طریق آزمون‌پذیری عینی همهٔ گزاره‌های علمی تضمین شود. مثلاً این فرضیه را در نظر بگیرید: شکنندگی یخ با کاهش دما افزایش می‌یابد، یا به عبارت دقیقتر، از دو قطعه یخ که دمایشان متفاوت باشد آنکه دمایش کمتر باشد شکننده‌تر است. فرض کنید که دستورالعملهای عملیاتی مکفی در دست باشد که با استفاده از آنها بتوان تعیین کرد که مادهٔ معیّنی یخ است یا نه، و نیز بتوان دمای قطعات یخ را اندازه‌گیری یا دست کم با هم مقایسه کرد. با این حال هنوز هم این نظریه معنی روشنی ندارد ـ نتیجهٔ آزمونی معینی از آن حاصل نمی‌شود ـ مگر آنکه ملاکهای روشنی هم برای مقایسهٔ شکنندگی قطعات یخ در دست باشد. عباراتی چون 'شکننده‌تر از' یا 'افزایش شکنندگی'، را به صرف آنکه از لحاظ شهودی واضح به نظر می‌رسند، نمی‌توان برای استفاده در علم پذیرفت. اما اگر قاعدهٔ عملیاتی مشخصی برای کاربرد این الفاظ فراهم شود، فرضیهٔ ما به معنایی که قبلاً دیدیم، آزمون‌پذیر می‌شود. به این ترتیب، ملاکهای عملیّاتی کاربرد دسته‌ای از الفاظ که به‌طور صحیح انتخاب شده باشد، تضمینی است برای آزمون‌پذیری

گزاره‌هایی که حاوی این الفاظ اند.[۶]

به همین قیاس، پیروان تعریف عملیاتی می‌گویند که استفاده از الفاظ فاقد تعریف عملیاتی ـ هرقدر هم این الفاظ از لحاظ شهودی واضح و آشنا بنمایند ـ به گزاره‌ها و پرسشهای بی‌معنی می‌انجامد. مثلاً ادعایی که قبلاً بررسیش کردیم، و جاذبهٔ گرانشی را ناشی از نوعی خویشاوندی طبیعی نهانی می‌دانست، می‌باید بی‌معنی شمرده شود، زیرا هیچ‌گونه ملاک عملیاتی برای مفهوم خویشاوندی طبیعی به دست داده نشده است. به همین نحو، تا وقتی که ملاک عملیّاتی برای حرکت مطلق موجود نباشد. این پرسش که آیا زمین یا خورشید (یا هر دو) حرکت «واقعی» دارند، پرسشی بی‌معنی تلقی می‌گردد و کنار نهاده می‌شود.[۷]

این اندیشه‌های بنیادی مکتب عملیاتی بر تفکر دربارهٔ روش روانشناسی و علوم اجتماعی تأثیر فراوان داشته است، و در این علوم تأکید بسیار شده است که استعمال الفاظ در فرضیه‌ها یا نظریه‌ها باید ملاک روشن عملیاتی داشته باشد. فرضیه‌هایی از این قبیل که باهوشترها معمولاً از لحاظ عاطفی متلوّن‌ترند، یا اینکه میان قدرت ریاضی و قدرت موسیقایی رابطهٔ محکمی وجود دارد، قابل آزمون عینی نیستند مگر اینکه برای استعمال الفاظ دخیل در آنها ملاکهای روشنی موجود باشد. فهم مُبهم شهودی برای این منظور کافی نیست، هرچند ممکن است سرنخهایی برای تعیین ملاکهای عینی از آن به دست آید.

در روانشناسی معمولاً این ملاکها به صورت آزمونهایی بیان می‌شوند (آزمون هوش، ثبات عاطفی، قدرت ریاضی، وغیره). به‌طور کلی می‌توان گفت که دستورالعمل عملیاتی عبارت است از انجام‌دادن آزمون بر طبق مشخصات تعیین شده، نتایج آزمونی عبارت‌اند از پاسخهای افرادی که آزمون می‌شوند، و معیار سنجش آن معمولاً خلاصه یا برآورد کمّی این پاسخهاست و این خلاصه یا برآورد بر اساس دستورالعملی

---

۶. بر این ادعا تبصره‌هایی باید افزود که به صورت منطقی گزاره‌های مورد بحث مربوط می‌شود. امّا در این بحث کلی می‌توان از این نکته‌ها گذشت.

۷. در این باره، کتاب هولتون و رولر، *Foundations of Modern Physical Science*، قسمتهای ۳ و ۴ فصل ۱۳، حاوی مثالها و بحثهای جالب دیگر است. یکی از کارهای جالبی که خواننده می‌تواند انجام دهد این است که از نقطه نظر مکتب عملیاتی و شرط آزمون‌پذیری، معنی علمی پرسشهای حیرت‌آوری را که بریجمن در اواخر فصل اول از *The Logic of Modern Physics* برای بررسی طرح می‌کند، بررسی کند.

که کم‌وبیش عینی و کم‌وبیش دقیق است به دست می‌آید. مثلاً برآورد پاسخها در آزمون رورشاخ[۸] بیش از آزمون استنفورد ـ بینه[۹] بر توانایی قضاوتی که تعبیرکنندهٔ آزمون به تدریج کسب می‌کند و کمتر از آن بر ملاکهای دقیق و صریح مبتنی است، و بنابراین از دیدگاه پیروان مکتب عملیاتی آزمون رورشاخ به اندازهٔ آزمون استنفورد ـ بینه رضایتبخش نیست. موضوع برخی از ایرادهای مهمّی که بر نظریه‌های روانکاوان گرفته‌اند فقدان ملاکهای کاربرد برای اصطلاحات روانکاوی، و دشواری استخراج نتایج آزمونی روشن از فرضیه‌هایی است که این الفاظ را دربردارند ـ و این دو مشکل با هم ملازمه دارند.

هشدارهایی که پیروان مکتب عملیاتی داده‌اند برای تحقیق در علم از دیدگاه فلسفه و روش‌شناسی الهام‌بخش بوده و نیز بر شیوه‌های تحقیق در روانشناسی و علوم اجتماعی تأثیر شدید داشته است. اما چنانکه خواهیم دید، تصور تنگ‌نظرانهٔ عملیاتی از سرشت تجربی علم باعث شده است که جنبهٔ نظم‌بخش و نظری علم و پیوند مستحکم مفهوم‌سازی با نظریه‌پردازی از نظر دور بماند.

۳.۷ معنی تجربی و نظم‌بخش مفاهیم علمی

پیروان مکتب عملیاتی معتقداند که معنی هر لفظ را تعریف عملیاتی آن به صورت جامع و مانع تعیین می‌کند. بریجمن می‌نویسد: «پس وقتی اعمالی را که در اندازه‌گیری طول انجام می‌دهیم تعیین و تثبیت کنیم، مفهوم طول هم تعیین و تثبیت می‌شود: یعنی مفهوم طول همانا مجموعهٔ عملیاتی است که در تعیین طول انجام می‌گیرد، و چیز دیگری نیست. به طور کلی، منظور ما از هر مفهوم چیزی جز رشته‌ای از عملیات نیست، هر مفهومی *با مجموعهٔ عملیات نظیر آن مترادف است*»[۱۰]. این نظر مستلزم آن است که هر لفظ علمی فقط در چارچوب وضعیتهای تجربیی معنی داشته باشد که در آن وضعیتها بتوان رشته‌ای از عملیات را که آن لفظ را «تعریف» می‌کند، انجام داد. مثلاً فرض کنید که بخواهیم فیزیک را به اصطلاح از نو بنا کنیم، و برای این منظور مفهوم «طول» را برحسب عمل اندازه‌گیری فواصل مستقیم با خط‌کش صلب معرفی کنیم. در این

---

8. Rorschach 9. Stanford-Binet

10. Bridgman, *The Logic of Modern Physics* p. 5

صورت برای این پرسش که «طول محیط این استوانه چقدر است»، یا برای پاسخ آن، معنایی قایل نمی‌شویم، زیرا پیداست که عمل اندازه‌گیری طول با خط‌کش صلب در این مورد کاربرد ندارد. اگر بخواهیم مفهوم طول در حوزهٔ اخیر معنای معینی داشته باشد، باید ملاک عملیات جدیدی برای آن تعیین کنیم. مثلاً قرارداد می‌کنیم که محیط استوانه را با چسباندن نوار نرمی که کش نیاید برگرد استوانه و باز کردن آن نوار و اندازه‌گیری طول آن با خط‌کش صلب اندازه می‌گیریم. همچنین روشی که در ابتدا برای اندازه‌گیری طول ذکر کردیم به کار اندازه‌گیری فواصل خارج از کرهٔ زمین نمی‌آید، و مکتب عملیاتی از ما می‌خواهد که اگر می‌خواهیم گفته‌هایمان دربارهٔ این فواصل معنای مُحَصَّلی داشته باشد، باید روشهای اندازه‌گیری مناسب را تعیین کنیم. مثلاً یکی از این روشها روش مثلث‌بندی نوری است که شبیه روش مثلث‌بندیی است که در مسّاحی برای تعیین فواصل برخی از اجسام زمینی کاربرد دارد. روش دیگر فرستادن یك علامت راداری به شیء خارج از زمین و اندازه‌گیری زمان رفت و برگشت علامت است.

انتخاب این ملاکهای جدید عملیاتی طبعاً تابع یك شرط مهم خواهد بود که می‌توان آن را *شرط همخوانی* نامید: در هر مورد که از دو روش مختلف بتوان استفاده کرد باید نتایج یکسانی از آن دو به دست آید. مثلاً اگر فاصلهٔ میان دو علامت را در روی زمین با استفاده از خط‌کش صلب و مثلث‌بندی نوری تعیین کنیم، نتایج عددیی که به این طریق به دست می‌آید باید یکی باشد. یا فرض کنید که مقیاس دما را ابتدا از روی مقداری که دماسنج جیوه‌ای قرائت می‌کند «به طور عملیاتی تعریف کنیم» و آنگاه الکل را که نقطهٔ انجمادش بسیار پایینتر است، به عنوان مایع دماسنج به کار ببریم و از این راه مقیاس دما را به دماهای کمتر هم توسعه دهیم. در این صورت باید مطمئن باشیم که در حوزه‌ای که هر دو دماسنج را می‌توان به کاربرد، هر دو دمای واحدی را قرائت می‌کنند.

اما در اینجا بریجمن ملاحظهٔ دیگری را در کار می‌آورد. این امر که دو عمل اندازه‌گیری در حوزه‌ای که هر دو کاربرد دارند نتیجهٔ واحدی به دست می‌دهند، خود نوعی حکم کلّی تجربی است و بنابراین ممکن است غلط باشد، هر چند آزمونهای دقیق بر درستی آن گواهی داده باشند. به این دلیل، به اعتقاد بریجمن از «احتیاط» به‌دور است که بگوییم دو دستورالعمل عملیاتی مفهوم واحد و یکسانی را تعیین می‌کنند؛ و باید گفت که ملاکهای عملیاتی مختلف مفاهیم مختلفی را مشخص می‌کنند؛

و براین مفاهیم باید، در حالت مطلوب، نامهای مختلف هم نهاد. مثلاً برای اشاره به کمیاتی که با استفاده از خط‌کش صلب و مثلث‌بندی نوری اندازه‌گیری می‌شود، می‌توان به ترتیب الفاظ 'طول بَساویدنی'، و 'طول نوری' را به کاربرد. همچنین می‌توان دمای جیوه‌ای را از دمای الکلی متمایز ساخت.

اما چنانکه اکنون خواهیم دید، این نتیجهٔ وخیم از برهانی که مبنای آن است به‌دست نمی‌آید، برهانی که در نیاز به تعریف روشن تجربی برای الفاظ علمی افراط می‌کند و به چیزی که ما نامش را «معنی نظم‌بخش الفاظ علمی» گذاشته‌ایم به اندازهٔ کافی توجه نمی‌کند. فرض کنید که به تبع اصل بریجمن طول بساویدنی را از طول نوری متمایز بدانیم و بعد از آزمونهای دقیق یك قانون فرضی وضع کنیم به این مضمون که برای هر فاصلهٔ فیزیکی که این دو روش در آن کاربرد داشته باشند، مقدار عددی دو طول یکی است. اگر بعداً شرایطی کشف کنیم که در آن از این دو روش نتایج متفاوتی به دست آید، باید آن قانون فرضی را رها کنیم اما همچنان استفاده از الفاظ 'طول بساویدنی' و 'طول نوری' را بدون تصرف در معنی آنها ادامه دهیم.

اما اگر برخلاف اصل بریجمن دو دستورالعمل را دو راه مختلف برای اندازه‌گیری یك کمیت واحد تلقی کنیم، و آن کمیت واحد را به نامی جز 'طول' نخوانیم، چه آثاری برکشف این گونه موارد عدم توافق مترتب خواهد بود؟ چون شرط همخوانی دو روش نقض می‌شود، باید از یکی از دو ملاك دست برداشت: پس ما همچنان به استفاده از لفظ طول ادامه می‌دهیم، منتهی در تعبیر عملیاتی آن تعدیلی به عمل می‌آوریم.

پس، در هر دو مورد، باید با یافتهٔ تجربی ناموافق سازگار شد: یا باید قانونی را که به‌طور فرضی پذیرفته شده است رها کرد و یا باید تعبیر عملیاتی یك لفظ را تغییر داد.

گذشته از این ــ و این ایرادی است به مراتب خطیرتر از ایراد پیشین ــ پایبندی دقیق به اصل بریجمن بسیار دشوار و در واقع ناممکن است. وقتی مجموعه‌ای از قوانین و سرانجام مجموعه‌ای از اصول نظری به تدریج در حوزه‌ای از تحقیق برقرار می‌گردد، مفاهیم آن به شیوه‌های مختلف با یکدیگر و با مفاهیمی که از پیش موجوداند، ارتباط می‌یابند. از این پیوندها غالباً ملاکهای جدید «عملیاتی» برای کاربرد به دست می‌آید. مثلاً، قوانینی که مقاومت یك سیم فلزی را به دمای آن مربوط می‌کند به ما اجازه می‌دهد که دماسنج مقاومتی بسازیم؛ قوانینی که دمای گاز را در فشار ثابت به حجم آن مربوط می‌کند اساس دماسنج گازی است؛ اثر ترموالکتریك، مبنای ساختن یك وسیلهٔ

دماسنجی است که ترمل[11] نام دارد؛ پیرومتر[12] نوری دمای اجسام بسیار داغ را از راه اندازه‌گیری روشنایی پرتوی که از این اجسام گسیل می‌شود اندازه می‌گیرد. همچنین، از قوانین و اصول نظری راههای گوناگونی برای اندازه‌گیری فواصل به دست می‌آید. مثلاً، کاهش قانونمند فشار بارومتری با ارتفاع اساس ارتفاع‌سنجی با بارومتر در هواپیماست؛ فاصله‌ها را در زیر آب معمولاً از راه تعیین زمان رفت و برگشت علامتهای صوتی می‌سنجند؛ فاصله‌های کوچك نجومی را از راه مثلث‌بندی نوری یا با استفاده از علامتهای راداری اندازه می‌گیرند؛ فاصلهٔ خوشه‌های مدور اختران و منظومه‌های کهکشانی را به کمك قوانینی از روی زمان تناوب و درخشندگی ظاهری برخی از ستارگان متغیر در آن منظومه‌ها استنباط می‌کنند. اندازه‌گیری فاصله‌های بسیار کوچك مستلزم استفاده از میکروسکوپ نوری، میکروسکوپ الکترونی، دستورالعملهای طیف‌نگاری، روشهای تفرق پرتوایکس و بسیاری دستگاهها و روشهای دیگر و مبتنی بر نظریات حاکم بر این دستگاهها و روشهاست. این سیاهه به هیچ وجه کامل نیست، زیرا حتی استفاده از دو نوع بارومتر را که ساختمانشان کمی فرق داشته باشد در اندازه‌گیری ارتفاع ــ و استفاده از دو نوع میکروسکوپ را در تعیین طول باکتریها ــ اگر دقیق باشیم، به دلیل تفاوتی که در کار این دستگاههاست، می‌توان به معنی تعیین دو نوع طول، یا دو مفهوم مختلف از طول، دانست. به این ترتیب، اصل عملیاتی مورد بحث ما را ناچار می‌کند که مفاهیم طول و دما و همهٔ مفاهیم علمی دیگر را، به اندازه‌ای که از لحاظ عملی مهار آن از دست بیرون می‌رود و از لحاظ نظری حدی بر آن تصور نمی‌توان کرد، افزایش دهیم. و این با یکی از هدفهای بنیادی علم، یعنی دست یافتن به یك توضیح منظم و ساده و واحد برای پدیده‌های تجربی، منافات دارد.

نظم‌بخشی علمی مستلزم آن است که با قوانین یا اصول نظری میان وجوه مختلف جهان تجربی، که در قالب مفاهیم علمی مشخص می‌شوند، پیوندهای گوناگونی برقرار کنیم. بنابراین مفاهیم علم گرههای شبکهٔ همبستگیهای منظم علمی، و قوانین و اصول نظری علم رشته‌های این شبکه‌اند. قوانینی که مبنای روشهای گوناگون دماسنجی است نمونه‌ای از «رشته‌های قوانین» است که مفهوم دما را به گرههای مفهومی دیگر متصل می‌کند. هر چه تعداد رشته‌هایی که به یك گره وارد یا از آن خارج

11. thermel 12. pyrometer

می‌شوند بیشتر باشد، نقش نظم‌بخش، یا شأن نظم‌بخش آن مفهوم بیشتر است. گذشته از این، ساذگی، به معنای اقتصاد در مفاهیم، یکی از مهمترین مشخصات نظریه‌های شایستهٔ علمی است، و به طور کلی می‌توان گفت که اثر نظم‌بخشی مفاهیم در نظامی که از لحاظ نظری اقتصادی باشد بیشتر از نظامی است که همان موضوع را با اقتصاد نظری کمتری بررسی کند.

پس، شأن نظم‌بخش مفاهیم علمی به هیچ وجه با تکثیر مفاهیم سازگار نیست، و تکثیر مفاهیم لازمهٔ این اصل است که ملاکهای عملیاتی مختلف مفاهیم گوناگونی را تعیین می‌کنند. در واقع امر نیز، در نظریه‌پردازی علمی ما (مثلاً) شاهد تمایزی میان مفاهیم گوناگون طول، که هر یك با تعریف عملیاتی خود مشخص شود، نیستیم، بلکه نظریات فیزیکی یك مفهوم اساسی طول و روشهای گوناگون و کم و بیش دقیق اندازه‌گیری طول در شرایط مختلف می‌شناسند. معمولاً ملاحظات نظری تعیین می‌کند که هر روش اندازه‌گیری در کدام حوزه کاربرد دارد و با چه دقتی.

گذشته از این، تکامل نظامهای قوانین، و بخصوص نظریه‌ها، چه بسا به تغییر ملاکهای عملیاتی که در آغاز برای برخی از مفاهیم اصلی انتخاب شده است، می‌انجامد. مثلاً از جملهٔ چیزهایی که در توصیف عملیاتی طول باید تعیین شود یکی هم واحد طول است. یکی از راههای متعارف این است که فاصلهٔ دو نشانه را که روی یك میلهٔ فلزی خاص کنده شده است واحد طول بنامیم. اما بعداً قوانین و اصول نظری نشان می‌دهند که فاصلهٔ میان دو نشانه بر اثر تغییر دمای میله و هر تنشی که بر آن وارد آید تغییر می‌کند. بنابراین، برای آنکه معیار یکنواخت طول حفظ شود، چند شرط دیگر به شرطهای اصلی افزوده می‌شود. مثلاً، متر را به صورت فاصلهٔ میان دو نشانهٔ حك شده بر متر اصلی بین‌المللی که میله‌ای است از آلیاژ پلاتین و ایریدیوم با سطح مقطع X شکل تعریف می‌کنند، و می‌گویند که فاصلهٔ دو نشانه، طبق تعریف، یك متر است هرگاه میله در دمای ذوب یخ باشد و روی سطح افقی به‌طور متقارن بر دو غلتك که بر امتداد طول آن عموداند و فاصله‌شان ۵۷۱ر۰ متر است، متکی باشد. سطح مقطع خاص میله به این منظور طرح شده است که بیشترین میزان صُلبیت را برای میله تضمین کند، خصوصیات نحوهٔ اتکاء میله از این ملاحظه برخاسته است که فاصلهٔ میان دو نشانه بر اثر شکم‌دادن میله اندکی تغییر می‌کند، و تحلیل نظری نشان می‌دهد که جای تعیین شده برای غلتکها بهترین جاست، به این معنی که تغییر جزیی در مکان آنها

تأثیری بر فاصلهٔ دو نشانه نمی‌گذارد.[13]

مثال دیگری را بررسی می‌کنیم. یکی از قدیمیترین و در عین حال مهمترین ملاکهای تجربی برای اندازه‌گیری زمان از یکنواختی حرکات ظاهری خورشید و ستارگان ثابت به دست می‌آمد: زمان میان دو ظهور متوالی یك جرم آسمانی در مکان واحد (مثلاً دو ظهور خورشید در سمت‌الرأس) واحد زمان شمرده می‌شد. واحدهای کوچکتر «به طور عملیاتی» به کمك ساعت آفتابی، ساعت شنی، ساعت آبی، و بعدها ساعت آونگی، مشخص می‌شد. توجه کنید که در این مرحله معنی ندارد بپرسیم که آیا دو روز شمسی مختلف، یا دو نوسان یك آونگ واحد، طول زمانیشان «واقعاً» یکی است یا نه. در اینجا پیروان مکتب عملیاتی به ما تذکر می‌دهند، و به حق هم تذکر می‌دهند، که چون در این مرحله ملاکهای مشخص شده خود تساوی زمانی را تعریف می‌کنند، این پرسش که آیا فواصل زمانی که این دستگاهها مشخص می‌کنند مساوی‌اند یا نه، تنها یك پاسخ بدیهی دارد: آری ـ و این آری ناشی از تعریف و قرارداد است. بیان تساوی این زمانها اِخبار از واقعیت خارجی نیست تا محتمل کذب باشد.

اما با ظهور تدریجی قوانین و نظریه‌های فیزیکی که مفهوم زمان را شامل‌اند و با دقیقتر شدنِ این نظریه‌ها و قوانین، گاهی تعدیلی در ملاکهای عملیاتی اولیه لازم می‌آید. مثلاً از مکانیك کلاسیك چنین برمی‌آید که زمان تناوب آونگ به دامنهٔ آن بستگی دارد، و یا نظریهٔ خورشیدمرکزی که حرکات ظاهری اجرام آسمانی را برحسب حرکت وضعی روزانهٔ زمین به دور محورش و گردش سالانهٔ آن به دور خورشید توضیح می‌دهد، هنگامی که با نظریهٔ نیوتنی ترکیب شود ایجاب می‌کند که طول روزهای شمسی مختلف مساوی نباشد، حتی اگر سرعت چرخش زمین تغییر نکند. اما اصطکاك کشندی و عواملی از قبیل آن دلالت دارند که سرعت چرخش روزانهٔ زمین اندك اندك کم می‌شود، و این فرض را مقایسهٔ زمانی که منجمان دوران باستان برای پاره‌ای از کسوفها گزارش کرده‌اند و زمانی که براساس داده‌های نجومی امروزی برای این کسوفها به طور قهقرایی محاسبه می‌شود، تأیید می‌کند. بنابراین،

۱۳. بحث دربارهٔ جزئیات این مسأله و ملاحظات نظری بنیادی مربوط به آن را می‌توان در کتاب زیر یافت:
Norman Feather, *Mass, Length, and Time* (Baltimore, Maryland: Penguin Books, 1961), Chap. 2.

معلوم می‌شود فرایندهایی که در ابتدا برای اندازه‌گیری زمان به کار می‌رفت مقیاس زمانی که به دست می‌دهند فقط به طور تقریبی درست است، و سرانجام نظامهای جدید و کاملاً متفاوتی چون ساعتهای کوارتزی و ساعتهای اتمی بر پایهٔ مبانی نظری، به این اعتبار که مقیاس زمانی دقیقتری فراهم می‌آورند، اختیار می‌شود.

اما چگونه ممکن است قانونها یا نظریه‌ها نادرستی ملاکهای عملیاتی را برای الفاظی که خود برحسب آنها بیان شده‌اند ـ ملاکهایی که درستی‌شان را باید مفروض گرفت و در آزمودن قانونها یا نظریه‌های مورد بحث به کاربرد ـ نشان دهند؟ این جریان را می‌توان به زدن پلی بر روی رودی تشبیه کرد که نخست پایهٔ پل را بر قایقها یا بر تکیه‌گاههای موقتی که در کف رودخانه می‌اندازند قرار می‌دهند، و آنگاه از پل استفاده می‌کنند و پایه‌ها را مستحکمتر می‌کنند و حتی تغییر می‌دهند، و باز دوباره بنای پل را با پایه‌های جدید تطبیق و توسعه می‌دهند، تا کل بنا هر چه قوی‌بنیان‌تر و ساختمان آن مستحکم‌تر باشد. قانونها و نظریه‌های علمی ممکن است بر داده‌هایی مبتنی باشد که از طریق ملاکهای عملیاتی که در آغاز کار اختیار شده است به دست آمده باشند، اما این قانونها و نظریه‌ها درست در قالب این داده‌ها جای نمی‌گیرند و چنانکه قبلاً دیدیم ملاحظات دیگر، و از آن جمله سادگی نظم بخش، در انتخاب فرضیه‌های علمی نقش مهمی ایفا می‌کنند. و چون فرض می‌شود که اصول نظری و قوانینی که به این صورت پذیرفته می‌شود، روابط میان مفاهیم دخیل در خود را درست نشان می‌دهند، جای تعجب نیست اگر بعدها ملاکهای عملیاتی اولیه فقط معرف خصوصیات تقریبی این مفاهیم محسوب شوند.

پس، مضمون تجربی، به آن صورت که در وجود ملاکهای روشن برای کاربرد مفاهیم منعکس می‌شود و مکتب عملیاتی به حق بر آن اصرار فراوان دارد، تنها شرط لازم برای مفاهیم علمی نیست. نظم بخشی شرط دیگری است که از آن گزیر نیست، تا آنجا که تعبیر تجربی مفاهیم نظری را می‌توان تغییر داد تا قدرت نظم‌بخشی شبکهٔ نظری افزایش یابد. در تحقیق علمی، مفهوم‌سازی و نظریه‌پردازی باید پابه‌پای هم پیش بروند.

۴.۷ دربارهٔ «پرسشهایی که از لحاظ عملیاتی بی‌معنی‌اند»

یکی از مسائل حیرت‌آوری که بریجمن پیش می‌کشد تا حساسیت استفاده از

معیارهای عملیاتی را نشان دهد، مسألهٔ امکان تغییر نامحسوس در معیار مطلق طول است. آیا امکان ندارد که همهٔ فاصله‌های جهان به طور دائم تغییر یابند، به طوری که مقدار هر یك پس از ۲۴ ساعت دو برابر شود؟[14] علم نمی‌تواند به این پدیده پی ببرد، چون میله‌هایی هم که در تعیین طولها به شیوهٔ عملیاتی به کار می‌رود خود به همان میزان درازتر خواهد شد. بنابراین بریجمن می‌گوید که این پرسش بی‌معنی است: اگر از دیدگاه معیارهای عملیاتی داوری کنیم چنین انبساط عامّی وجود نخواهد داشت، و اگر کسی مدعی شود که با این حال این انبساط ـ که برای ما ناشناخته است و هرگز نیز به آن پی نخواهیم برد ـ ممکن است رخ دهد، ادعایی کرده است که از لحاظ عملیاتی هیچ معنی ندارد، هیچ نتیجه‌ای ندارد که از طریق عملیات اندازه‌گیری آزمودنی باشد.

اما اگر در نظر بگیریم که در فیزیك مفهوم طول به تنهایی به کار نمی‌رود، بلکه در قوانین و نظریه‌هایی ظاهر می‌شود که آن را با بسیاری مفاهیم دیگر پیوند می‌دهند، ناچار می‌شویم که از این تصور دست بشوییم. زیرا اگر فرض انبساط عام را با این گونه اصول فیزیکی دیگر همراه کنیم، و آنها را به منزلهٔ فرضیه‌های کمکی (فصل ۳) بدانیم، از این فرض نتایجی حاصل می‌شود که از لحاظ عملیاتی آزمون‌پذیرند و دیگر این فرض بی‌معنی نخواهد بود. مثلاً، اگر این فرض درست باشد، زمانی که طول می‌کشد تا یك علامت صوتی سفر رفت و برگشت میان دو نقطه ـ مثلاً در دو ساحل دریاچه‌ای ـ را انجام دهد، هر ۲۴ ساعت دو برابر می‌شود و این افزایش آزمون‌پذیر است. اما فرض کنید که فرضیه را اصلاح کنیم و این فرض را بر آن بیفزاییم که سرعت علامتهای صوتی و الکترومغناطیسی هم با همان آهنگ افزایش یابد. در این صورت فرضیهٔ جدید باز هم نتایج آزمودنی خواهد داشت، زیرا اگر فرض کنیم که انبساط عام بر انرژی ستاره‌هایی چون خورشید تأثیر نداشته باشد، آنگاه روشنایی آنها در هر بیست و چهار ساعت یك چهارم مقدار قبلی خواهد شد، زیرا سطح آنها در این مدت چهار برابر می‌شود. بنابراین، اگر فرضیه‌ای وقتی به تنهایی در نظر گرفته شود قابل آزمون عملیاتی نباشد، دلیل کافی بر این نمی‌شود که آن فرضیه را خالی از مضمون تجربی یا از لحاظ علمی بی‌معنی بشماریم و نفی کنیم. بلکه باید آن گزاره را در زمینهٔ

۱۴. این نحوهٔ بیان از بیان اصلی بریجمن (ص ۲۸ از *The Logic of Modern Physics*) کمی خاصتر است، امّا از لحاظ نکات مهم تفاوتی با آن ندارد.

نظم دهندهٔ قانونها و فرضیه‌های دیگری که می‌باید در میان آنها نقشی ایفا کند در نظر گرفت، و نتایج آزمودنیی را که در آن حالت از آن گزاره پدید می‌آید باید آزمود. با این روش به هیچ وجه هر فرضیه‌ای که ممکن است کسی پیشنهاد کند بامعنی شمرده نخواهد شد، و از جمله فرضیه‌های راجع به نیروهای حیاتی و خویشاوندی طبیعی جهانی، که قبلاً راجع به آنها بحث شد، همچنان از دایرهٔ فرضیه‌های بامعنی بیرون خواهد ماند.

۵.۷ سرشت جمله‌های تعبیرگر

انگیزهٔ ما در بحث دربارهٔ مکتب عملیاتی این بود که اگر بخواهیم نظریه‌ای قابل اطلاق بر پدیده‌های تجربی باشد، باید الفاظ ویژهٔ آن را به کمك واژگان از پیش موجود و مقدم بر نظریه به‌نحو مناسب تعبیر کرد. با بحثی که کردیم معلوم شد که تصور مکتب عملیاتی در این باره هر چند منشأ مفاهیم مفیدی است اما نیاز به تغییرات اساسی دارد. بخصوص، باید این تصور را که هر مفهوم علمی «مترادف» با مجموعه‌ای از عملیات است، ردکرد. زیرا اولاً ممکن است چندین ملاك مختلف برای کاربرد یك لفظ وجود داشته باشد ـ و معمولاً هم چنین است ـ و این ملاکها بر مجموعه‌های گوناگونی از عملیات مبتنی باشند. ثانیاً فهم معنی الفاظ علمی و استفادهٔ درست از آنها همچنین مستلزم شناسایی نقش نظم بخش آنهاست، و این نقش را اصول نظریی که میدان عمل هر لفظ است و آن لفظ را با الفاظ نظری دیگر پیوند می‌دهد، تعیین می‌کند. ثالثاً، نمی‌توان الفاظ علمی را «مترادف با» مجموعه‌ای از عملیات دانست، به این معنی که آن عملیات معنی این الفاظ را کاملاً تعیین کنند، زیرا چنانکه دیدیم هر مجموعه‌ای از عملیات آزمونی ملاکهای کاربرد لفظ را فقط در چارچوب محدود شرایط خاصی به‌دست می‌دهد. به این اعتبار از عملیات استفاده از خط‌کش و دماسنج جز تعبیرهای جزیی برای الفاظ 'طول' و 'دما' چیزی به دست نمی‌آید، زیرا هر یك از این عملیات در محدودهٔ شرایط خاصی کاربرد دارد.

هر چند ملاکهای عملیاتی از این لحاظ انتظار ما را از یك تعریف جامع برنمی‌آورند، از یك جهت دیگر این ملاکها مانع هم نیستند، و اطلاعاتی که به ما می‌دهند به‌قدری زیاد است که نمی‌توان آنها را تعریف به معنی متعارف دانست. معمولاً، تعریف وضعی به جمله‌ای گفته می‌شود که لفظ مناسب یا نماد مختصری را، فقط از راه

مشخص کردن معنی آن و بی آنکه هیچ گونه اطلاع واقعی بر آن بیفزاید، معرفی کند. اما دو ملاك عملیاتی که برای یك لفظ وضع شده باشند، اگر حوزهٔ کاربردشان با هم تداخل پیدا کند، که معمولاً هم می‌کند، نتایجی پیدا می‌کنند که حاوی اطلاعات تجربی اند. این امر نتیجهٔ نکته‌ای است که قبلاً در مورد شرط همخوانی ملاکهای عملیاتی گفتیم. اگر شیوه‌های مختلف آزمون را به عنوان ملاکهای کاربرد لفظ واحدی اختیار کنیم، از گزاره‌های راجع به این ملاکها نتیجه می‌شود که اگر در موردی بیش از یك شیوه کاربرد داشته باشد، از کاربرد آنها نتیجهٔ یکسانی به‌دست خواهیم آورد، و این گزاره خود یك حکم کلی تجربی است. نمونه‌ای از این گونه احکام کلی تجربی گزاره‌ای است که قبلاً بررسیش کردیم و تساوی طول «نوری» و طول «بساویدنی» را در همهٔ مواردی که بتوان از هر دو شیوه استفاده کرد، بیان می‌داشت. نمونهٔ دیگر این گزاره است که در محدوده‌ای که هم الکل و هم جیوه مایع باشند، مقدار عددی قرائتهای دماسنج جیوه‌ای و دماسنج الکلی یکی خواهد بود. این گزاره نتیجهٔ این قرارداد است که در تعیین دما به‌شیوهٔ عملیاتی از هر یك از این دو نوع دماسنج استفاده می‌توان کرد. بنابراین به‌طور خلاصه می‌توان گفت که جمله‌های تعبیرگری که ملاکهای کاربرد الفاظ علمی را به‌دست می‌دهند غالباً نقش وضعی تعریف را با نقش وصفی احکام کلی تجربی توأماً برعهده دارند.

اما از یك جهت جالب و مهم دیگر هم میان جمله‌های تعبیرگر و تعریفها، به معنایی که پیشتر دیدیم، تفاوت هست. الفاظ علمی معمولاً در عبارات یا گفته‌هایی به کار می‌روند که صورت ویژه‌ای دارند. مثلاً، مفهوم سختی، به آن صورت که با آزمون خراش‌دادن مشخص می‌شود، به قصد به کاررفتن در جمله‌هایی چون 'کانی m_1 سخت‌تر از کانی m_2 است'، و عبارات دیگری که برحسب این عبارات قابل تعریف باشند، وضع شده است. در این گونه موارد، داشتن تعبیری برای این عبارات ویژه کافی است. در مثال مورد بحث، این تعبیر از آزمون خراش دادن به دست می‌آید. این آزمون به عبارت 'm_1 سخت‌تر از m_2 است'، معنی تجربی می‌دهد اما به مفهوم «سختی» یا به‌عبارات 'کانی m سخت است' و 'سختی کانی m فلان قدر است'، معنایی نمی‌بخشد.

گزاره‌ای را که کارش مشخص کردن معنی عبارتی باشد که لفظ خاصی را دربردارد تعریف ضمنی می‌نامند. در مقابل، گزاره‌هایی چون: منظور ما از 'اسید' همانا 'الکترولیتی است که یون هیدروژن آزاد کند'، را تعریف صریح می‌گویند. به این قیاس

می‌توان گفت که جمله‌های تعبیرگر نظریات علمی معمولاً تعریف ضمنی الفاظ آن نظریه‌ها را به دست می‌دهند. مثلاً شیوه‌های گوناگون اندازه‌گیری طول لفظ 'طول' را به خودی خود تعبیر نمی‌کنند بلکه کارشان تعبیر عباراتی چون 'طول فاصلهٔ میان A و B' و 'طول خط l' است، نیز ملاکهای اندازه‌گیری زمان مفهوم زمان را به‌طور کلی توضیح نمی‌دهند، و به‌همین قیاس. در مورد برخی از مفهومهای نظری، فقط عبارات بسیار ویژه و نسبتاً محدودی هست که می‌توان آنها را طوری تعبیر کرد که قابل آزمون تجربی باشد. الفاظی چون 'اتم' و 'الکترون' و 'فوتون' را در نظر بگیرید. البته می‌توان لفظ 'الکترون' را تعریف *نظری* کرد، یعنی تعریفی که در آن از الفاظ نظری دیگر استفاده شده باشد ('الکترون' یعنی 'ذرهٔ بنیادیی که جرم سکونش $۹٫۱۰۷\times۱۰^{-۲۸}$ گرم، بارش $۴٫۸۰۲\times۱۰^{-۱۰}$ استات کولن، و اسپینش یك دوم است')، اما چگونه می‌توان این لفظ را تعریف عملیاتی کرد؟ یقیناً کسی توقع ندارد که قواعدی عملیاتی به‌دست او داده شود که اطلاق‌پذیری لفظ 'الکترون' را بر اشیاءِ خاص تعیین کند، یعنی تعیین کند که آن اشیاء الکترون اند یا نیستند. اما چیزی که قابل تنظیم و تنسیق است تعبیر ضمنی انواع معینی از گزاره‌هاست که شامل لفظ الکترون باشند، مثل این گزاره‌ها: 'روی سطح آن کرهٔ عایق فلزی الکترونهایی هست'، 'الکترونها دارند از این الکترود خارج می‌شوند'، 'ردّی که در آن اتاقك ابر هست نشانهٔ مسیر یك الکترون است'، و از این قبیل. ملاحظاتی از این دست دربارهٔ مفاهیم میدان الکتریکی و میدان مغناطیسی نیز صادق است. می‌توان برخی ملاکهای عملیاتی برای پی‌بردن به ساختار این نوع میدانها و شدت آنها در نواحی معین بیان کرد. این ملاکها به رفتار کاوه‌ها، مسیرذراتی که در میدان حرکت می‌کنند، جریان در سیمهایی که میدان را می‌پیمایند، و غیره اشاره دارند. اما این گونه آزمونها فقط در شرایطی که میدان از انواع خاص و مساعد برای آزمایش باشد امکان‌پذیر است، مثل میدان همگنی که در ناحیهٔ نسبتاً وسیعی برقرار باشد یا در فواصل طولانی تغییرات شدید داشته باشد، و غیره. گزاره‌ای که مبین وضعیتی برای میدان باشد که از لحاظ نظری ممکن اما بسیار پیچیده باشد (مثلاً، میدانی که در فاصله‌های بسیار کوتاه تغییرات سریع داشته باشد) ممکن است هیچ نتیجه‌ای که «از لحاظ عملیاتی آزمون‌پذیر» باشد، به دست ندهد.

اکنون باید روشن شده باشد که نمی‌توان گفت الفاظ نظریات علمی هر یك مجموعه‌ای از ملاکهای عملیاتی ویژه، یا به طور کلی گزاره‌های تعبیرگر، همراه دارند.

زیرا فرض بر این است که گزاره‌های تعبیرگر راههای آزمودن جمله‌های حاوی لفظ تعبیر شده را تعیین می‌کنند، یعنی وقتی با این جمله‌ها ترکیب شوند باید نتایج آزمودنی برای این جمله‌ها فراهم کنند، و این نتایج برحسب الفاظ واژگانی که از پیش موجود است بیان می‌شود. مثلاً، تعبیر عملیاتی سختی از طریق آزمون خراش انداختن به ما اجازه می‌داد که از جمله‌هایی با صورت 'm_1 سخت‌تر از m_2 است'، نتایج آزمونی استخراج کنیم، و تعبیری که پایه در آزمون کاغذ تورنسل دارد همین کار را جمله‌هایی با صورت 'مایع l اسید است' می‌کند، وغیره. اما شیوه‌های گوناگون آزمودن جمله‌هایی را که حاوی الفاظ یك نظریهٔ علمی هستند (یا نتایج آزمودنیی را که این کار را انجام می‌دهند) اصول رابط آن نظریه تعیین می‌کنند. چنانکه در فصل ۶ دیدیم، این اصول موجودات و فرایندهای ویژه‌ای را که وجودشان در نظریه فرض می‌شود به پدیده‌هایی که برحسب الفاظ مقدّم بر نظریه قابل توصیف است، پیوند می‌دهند، و به این طریق الفاظ نظری را به الفاظی که معنی‌شان از قبل معلوم است مربوط می‌کنند. اما آن اصول به هر لفظ نظری تعداد معینی ملاك کاربرد منسوب نمی‌کنند. یك بار دیگر لفظ 'الکترون' را در نظر بگیرید. قبلاً تذکر دادیم که به هر جمله‌ای که حاوی این لفظ باشد نمی‌توان نتایج آزمودنی معین نسبت داد. اما جمله‌هایی که حاوی این لفظ‌اند و نتیجهٔ آزمودنی هم دارند از حیث تنوع حدی ندارند، و با استناد به شمار این آزمونهای متنوع نمی‌توان گفت که درست دو یا هفت یا بیست ملاك مختلف کاربرد لفظ 'الکترون' را تأیید می‌کنند، مگر آنکه در این مورد به شیوهٔ من عندی عمل کنیم. پس، در این مورد، باید از این مفهوم دست شست که تك تك الفاظ هر نظریه باید برحسب تعداد معینی ملاکهای کاربرد تعبیرپذیر باشند، به جای آن باید به مفهوم اصول رابط روی آورد. اصول رابط تك تك الفاظ نظریه را تعبیر نمی‌کنند، بلکه برای جمله‌هایی که حاوی یك یا چند لفظ از الفاظ نظری‌اند انواع نتایج آزمودنی، که تعدادشان معلوم نیست، تعیین می‌کنند، و به این طریق انواعی از ملاکهای کاربرد به دست می‌دهند که تعدادشان معین نیست.

۸

تأویل نظری

۱.۸ نزاع سازوکارگرایی و حیاتگرایی

قبلاً دربارهٔ نظر حیاتگرایان جدید بحث کردیم و گفتیم که به اعتقاد اینان برخی از ویژگیهای نظامهای زنده را ـ و از جمله خصوصیات سازگاری و تنظیم خود به خود را ـ نمی‌توان تنها برحسب اصول فیزیکی و شیمیایی تبیین کرد، و باید در توضیح این ویژگیها به عوامل جدیدی که در علوم فیزیکی شناخته نیستند و نیروی حیاتی یا کمال نام دارند متوسل شد. با تحقیق دقیقتر معلوم شد که با مفهوم کمال، به‌آن صورت که حیاتگرایان جدید به کارش می‌برند، نمی‌توان هیچ یك از پدیده‌های زیستی را توضیح داد. امّا دلایلی که ما را به این نتیجه راهبر شد کار نظر اصلیِ حیاتگرایان جدید را، یعنی این اعتقاد را که نظامها و فرایندهای زیستی از جهات مهمی با نظامهای فیزیکی و شیمیایی محض تفاوت دارند، خود به خود یکسره نمی‌کند. در نقطهٔ مقابل این اعتقاد نظری است که آن را اصطلاحاً نظر سازوکارگرایان می‌گویند و موجودات زنده را چیزی جز نظامهای بسیار پیچیدهٔ فیزیکی ـ شیمیایی نمی‌داند (امّا به خلاف آنچه از لفظ قدیمی 'سازوکارگرایی' ممکن است دستگیر شود، آنها را نظامهای مکانیکی محض نمی‌شمارد). این دو تصور متعارض موضوع بحثهای گسترده وداغی بوده است که در اینجا به جزئیات آن نمی‌توان پرداخت. امّا روشن است که بحث در این موضوع تنها در صورتی ثمربخش خواهد بود که بتوان معنی ادعاهای متعارض این دو گروه را به اندازهٔ کافی روشن ساخت تا معلوم شود که در این بحث به چه نوع دلایل وشواهدی

می‌توان متوسل شد و چگونه می‌توان دعوا را فیصله داد. ما در اینجا به این مسألهٔ فلسفی، یعنی روشن کردن معنی دعویهای متعارض این دو گروه می‌پردازیم، و نتایج تفکرات ما بعضی فواید ضمنی هم دربارهٔ امکان فیصله دادن به این دعوا خواهد داشت.

بحث به ظاهر بر سر این پرسش است که آیا موجودات زنده «فقط» یا منحصراً نظامهای فیزیکی ـ شیمیایی‌اند. امّا اگر کسی قائل به این نظر باشد، منظور حقیقیش چیست؟ از تذکرات مقدماتی ما چنین برمی‌آید که می‌توان نظر سازوکارگرایان را به دو جزءِ زیر تقسیم کرد: (M_1) همهٔ ویژگیهای موجودات زنده ویژگیهای فیزیکی ـ شیمیایی‌اند، و این ویژگیها را تماماً می‌توان برحسب مفاهیم فیزیك و شیمی توصیف کرد؛ (M_2) آن جنبه‌هایی از رفتار موجودات زنده که قابل تبیین باشند برحسب قوانین و نظریه‌های فیزیکی و شیمیایی تبیین‌پذیراند.

دربارهٔ نظر اول از این دو نظر می‌توان گفت که دست کم درحال حاضر استفاده از الفاظ فیزیکی و شیمیایی برای توضیح پدیده‌های زیستی کافی نیست بلکه به الفاظ خاص زیستی هم که در واژگان فیزیك و شیمی دیده نمی‌شود نیاز داریم. مثلاً این گزاره را در نظر بگیرید که در نخستین مرحلهٔ میتوزیکی از چیزهایی که رخ می‌دهد انقباض کروموزومها در هستهٔ یاخته‌ای است که دارد تقسیم می‌شود، یا به این گزارهٔ بسیار ساده‌تر توجه کنید که اگر از تخم لقاح شدهٔ غاز خوب مراقبت شود یك جوجه غاز به‌دنیا می‌آورد. ادعای M_1 متضمن این معنی است که آن موجودات و فرایندهایی زیستی که در اینجا وارد شده‌اند ـ جوجه غاز، تخم غاز، هسته، یاخته، کروموزوم، تلقیح، و میتوز ـ همه را می‌توان به زبان فیزیك و شیمی وصف و مشخص کرد. معقولترین صورت بیان این نظر این است که الفاظ متناظر با این موجودات و فرایندها ـ یعنی 'جوجه غاز'، 'یاخته'، و غیره ـ را می‌توان به کمك الفاظی که از واژگان فیزیك و شیمی اختیار می‌شود تعریف کرد. این صورت خاص M_1 را M'_1 می‌نامیم. به همین نحو، اگر همهٔ فرایندهای زیستی ـ و بخصوص همهٔ نظمهایی که توسط قوانین زیست‌شناسی بیان می‌شوند ـ برحسب اصول فیزیکی ـ شیمیایی تبیین‌پذیر باشند، باید بتوان همهٔ قوانین زیست‌شناسی را هم از قوانین و اصول نظری فیزیك و شیمی مشتقّ ساخت. نظری را که به امکان‌پذیری این امر معتقد است، و صورت خاصی از نظر M_2 است، M'_2 می‌نامیم.

گزاره‌های M'_1 و M'_2، روی هم، نظری را بیان می‌دارند که معمولاً *تأویل‌پذیری*

زیست‌شناسی به فیزیك و شیمی نامیده می‌شود. این اعتقاد هم به مفاهیم و هم به قوانین این علوم نظر دارد: منظور از تأویل‌پذیری مفاهیم یك علم به علم دیگر این است که مفاهیم اولی را برحسب مفاهیم دومی می‌توان تعریف کرد، و تأویل‌پذیری قوانین به‌معنی اشتقاق‌پذیر بودن قوانین یك علم از قوانین علم دیگر است. نفی این نظر را گاهی اعتقاد به *استقلال زیست‌شناسی*، یا به‌عبارت بهتر استقلال مفاهیم و اصول زیست‌شناسی، می‌نامند. پس حیاتگرایان جدید به استقلال زیست‌شناسی معتقداند و این نظر را با اعتقاد به نیروهای حیاتی تکمیل می‌کنند. اکنون نظر سازوکارگرایان را با تفصیل بیشتر بررسی می‌کنیم.

۲.۸ تأویل الفاظ

مفادّ نظر M'_1 که از تعریف‌پذیری الفاظ زیستی سخن می‌گوید این نیست که با تعریفهای دلبخواه وضعی می‌توان به الفاظ زیستی معنی فیزیکی ـ شیمیایی داد. این نظر قبول دارد که الفاظ واژگان زیست‌شناسی معنی اصطلاحیِ معین دارند، امّا مدعی است که می‌توان این الفاظ را به کمك مفاهیم فیزیك و شیمی به اندازهٔ کافی بیان کرد، و این عمل به معنی خاصی ممکن است که باید آن را روشن ساخت. پس بنابر آنچه در فصل ۷ گفتیم، معتقدان به این نظر می‌گویند که می‌توان مفاهیم زیستی را برحسب مفاهیم فیزیکی ـ شیمیایی «تعریف وصفی» کرد. امّا نمی‌توان انتظار داشت که تعریفهای مورد بحث تعریف تحلیلی باشد، زیرا اگر کسی مدعی شود که به همان معنی که ' همسر' را می‌توان مترادف و هم معنی با ' زن یا شوهر' دانست، در برابر هر لفظ زیست شناختی ـ مثل 'تخم غاز'، 'شبکیّه'، 'میتوز' 'ویروس'، 'هورمون' ـ عبارتی مترادف با آن برحسب الفاظ فیزیکی ـ شیمیایی، وجود دارد، ادعایی کرده است که بطلانش واضح است. حتّی ذکر یك لفظ زیستی هم که برایش بتوان مترادف فیزیکی ـ شیمیایی پیدا کرد کار بسیار دشواری است، و بار چنین تعبیری را بر دوش سازوکارگرایی نهادن امر عبث و دست و پاگیری است. امّا برای تعریف وضعی معنیِ مسامحه‌آمیزتری هم می‌توان قائل شد، و می‌توان به‌جای شرط یکسان بودن معنی مُعَرِّف و مُعَرَّف، شرط یکسان بودن حوزهٔ مصادیق آنها را قرار داد. در این صورت، مُعَرِّف شرایطی را مشخص می‌کند که در عالم خارج مواردی که مُعَرَّف را می‌توان بر آنها اطلاق کرد حائز آن شرایط‌اند، و جز این موارد چیز دیگری حائز آن شرایط

نیست. مثالی قدیمی در این باره تعریف 'انسان' و 'حیوان مستوی القامهٔ برهنه زموی' است؛ این تعریف نمی گوید که الفاظ 'انسان' و 'حیوان مستوی القامهٔ برهنه زموی' معنی شان یکی است، بلکه می گوید که مصادیق واحدی دارند. و لفظ 'انسان' را بر همهٔ حیوانات مستوی القامهٔ برهنه زموی، و فقط بر این موجودات، اطلاق می توان کرد؛ یا به‌عبارت دیگر حیوان مستوی القامهٔ برهنه زموی بودن شرط لازم و کافی برای انسان بودن است. این نوع تعریفها را *تعریف به‌مصادیق* هم می توان گفت، و به این صورت می توان نشان داد:

______ همان مصادیق را دارد که - - -

تعریفهایی که ممکن است ساز و کارگرایان، در توضیح ادعای خود دربارهٔ الفاظ زیستی، ذکر کنند، از این گونه «تعریف به مصادیق» اند، و شرایط لازم و کافی فیزیکی و شیمیایی را برای اطلاق‌پذیری الفاظ زیست شناختی بیان می کنند و به این دلیل غالباً در نتیجهٔ پژوهشهای بسیار دشوار زیست شیمیایی یا زیست فیزیکی به دست آمده‌اند. نمونهٔ این پژوهشها مشخص کردن موادی چون پنی‌سیلین و تستوسترون[1] و کولسترول[2] برحسب ساختمان مولکولی آنهاست، که در نتیجهٔ آن می توان این الفاظ زیستی را برحسب الفاظ شیمیایی محض «تعریف» کرد. این گونه تعریفها به هیچ وجه ادعای بیان معنی الفاظ زیستی را ندارند. شاید راه به دست دادن تعریف اصلی پنی‌سیلین این باشد که آن را به صورت مادهٔ باکتری کُشی که از قارچی به نام پنی‌سیلیوم *نوتاتوم*[3] به‌دست می آید، مشخص کنیم. تعریف اصلی تستوسترون هورمون جنسی مردانه‌ای است که در بیضه تولید می شود، و به همین قیاس. تعیین هویت این مواد برحسب ساختمان آنها از راه تحلیل شیمیایی حاصل شده است نه از راه تحلیل معنایی؛ و نتیجهٔ آن کشفی در زیست شیمی است نه در فلسفه یا منطق؛ و این نتیجه را یك قانون تجربی بیان می کند نه گزاره‌ای که حاکی از هم‌معنایی و مترادف بودن باشد. در واقع، برای اینکه هویت شیمیایی این مواد را به عنوان تعریف الفاظ زیستی بپذیریم نه تنها لازم است که در معنی آنها تغییری ایجاد کنیم بلکه باید مصادیق آنها را نیز تغییر دهیم، زیرا برحسب ملاکهای شیمیایی موادی نیز پنی‌سیلین یا تستوسترون نامیده

1. testosterone 2. cholesterol 3. *penicillium notatum*

می شوند که نه در بدن موجودات زنده بلکه در آزمایشگاه ساخته شده‌اند.

در هر حال، وضع این نوع تعریفها به تحقیق تجربی نیازدارد. پس باید نتیجه گرفت که به طور کلی به این پرسش که آیا می توان یك لفظ زیستی را تنها برحسب الفاظ فیزیکی و شیمیایی «تعریف» کرد یا نه، نمی توان فقط از راه تأمل در معنی آن لفظ، یا از هیچ راه غیر تجربی دیگری، پاسخ داد. پس ادعای M'_1 را نمی توان به طور پیشینی، یعنی برمبنای ملاحظاتی که مقدم بر شواهد تجربی، و به عبارت بهتر مستقل از این شواهد، فراهم آمده باشد، رد یا اثبات کرد.

۳.۸ تأویل قانونها

اکنون به نظر دوم، M'_2، که در بیان سازوکارگرایی تدوین کردیم، می پردازیم. برطبق این نظر، قوانین و اصول نظری زیست شناسی را می توان از قوانین و اصول نظری فیزیك و شیمی مشتق ساخت. روشن است که از راه استنتاج منطقی، از قوانینی که منحصراً برحسب الفاظ فیزیکی و شیمیایی بیان شده باشند نمی توان به قوانین ویژهٔ زیست شناسی رسید، زیرا این قوانین الفاظی را هم که خاص زیست شناسی اند، در بردارند.[4] برای آنکه این قوانین را به دست آوریم به مقدمات دیگری هم نیازداریم که ارتباط میان ویژگیهای فیزیکی ـ شیمیایی و ویژگیهای زیستی را بیان کنند. وضع ما شبیه حالتی است که از نظریات علمی برای تبیین استفاده می کنیم، در آنجا هم، گذشته از

۴. ممکن است این نکته بدیهی بنماید که از یك مجموعهٔ مقدمات نمی توان از راه منطق نتیجه‌ای گرفت که حاوی «لفظ» جدیدی باشد، یعنی حاوی لفظی باشد که در آن مقدمات موجود نباشد، امّا چنین نیست. این گزارهٔ فیزیکی که «اگر گازی را در فشار ثابت حرارت دهیم، حجم آن افزایش می یابد» منطقاً مستلزم این گزاره است که «اگر گازی را در فشار ثابت حرارت دهیم، حجم آن افزایش می یابد یا آن گاز به فوجی پشه تبدیل می شود.» پس به این شیوه می توان از گزاره‌های فیزیکی گزاره‌های زیستی استنتاج کرد. امّا از همین مقدمهٔ فیزیکی این گزاره را هم نتیجه می توان گرفت که «اگر گازی را در فشار ثابت حرارت دهیم، حجم آن افزایش می یابد یا آن گاز به فوجی پشه تبدیل نمی شود»، «اگر گازی را در فشار ثابت حرارت دهیم، حجم آن افزایش می یابد یا یك خرگوش از توی آن بیرون می آید»، و از این قبیل. به طور کلی، گزاره‌های زیستی ای که از یك قانون مفروض فیزیکی می توان استنتاج کرد این خصوصیت عجیب را دارند که اگر به جای الفاظ زیستی آنها ضد آن الفاظ یا لفظ دیگری را قرار دهیم، جمله‌ای هم که به این طریق به دست می آید به اندازهٔ جملهٔ اصلی از آن قانون فیزیکی استنتاج پذیر است. به این اعتبار، آن قانون فیزیکی نمی تواند تبیینی برای هیچ پدیدهٔ زیستی به دست دهد.

اصول درونی نظری، به اصول رابط احتیاج داریم تا نتایجی به دست آوریم که در قالب الفاظ مقدّم بر نظریه قابل بیان باشند. آن مقدمات اضافی که برای استنتاج قوانین زیستی از قوانین فیزیکی ـ شیمیایی نیاز داریم، هم باید شامل الفاظ زیستی باشند و هم شامل الفاظ فیزیکی ـ شیمیایی، و باید به صورت قوانینی باشند که برخی از جنبه‌های فیزیکی ـ شیمیایی پدیدهٔ مورد نظر را به برخی از جنبه‌های زیستی آن مربوط کنند. این گونه گزاره‌های مَفصَل‌مانند ممکن است صورت قوانینی را که هم اکنون بررسی کردیم، و مبنایی برای تعریف الفاظ زیستی برحسب مصادیقشان فراهم می‌آورد، به خود بگیرد. مضمونِ چنین گزاره‌ای این است که وجود فلان ویژگیهای فیزیکی ـ شیمیایی معین (مثلاً داشتن فلان ساختمان مولکولی) شرط لازم و کافی برای وجود بَهْمان ویژگیهای زیستی (مثلاً داشتن خصوصیات تستوسترون) است. ممکن است گزاره‌های مفصل‌مانند دیگری هم باشند که، برای یك ویژگی زیستی، ویژگیهای فیزیکی ـ شیمیایی را که لازم است امّا کافی نیست یا کافی است امّا لازم نیست، ذکر کنند. احکام کلی 'هر جا که جانور مهره‌داری باشد اکسیژن هم هست' یا 'هر رشتهٔ عصبی تکانه‌های الکتریکی را هدایت می‌کند' از نوع اول‌اند و این گزاره که گاز اعصابی به نام تابون[5] (که ساختمان مولکولیش آن را مشخص می‌کند) راه را بر فعالیت عصبی می‌بندد و بنابراین باعث مرگ انسان می‌شود، از نوع دوم است. انواع دیگری از گزاره‌های مفصل‌مانند را نیز تصور می‌توان کرد.

یکی از ساده‌ترین صورتهایی که اشتقاق قانون زیستی از قانون فیزیکی ـ شیمیایی می‌تواند داشته باشد به‌طور گرده‌وار از این قرار است: فرض کنید که 'P_1' و 'P_2' عباراتی باشند که فقط شامل الفاظ فیزیکی ـ شیمیایی‌اند و 'B_1' و 'B_2' را دو عبارت فرض کنید که شامل یك یا چند لفظ خاص زیستی (و احتمالاً الفاظ فیزیکی ـ شیمیایی) اند. فرض کنید که گزارهٔ 'همهٔ موارد P_1 مواردی از P_2اند' یك قانون فیزیکی ـ شیمیایی باشد ـ و آن را L_P بنامیم ـ و قانونهای مفصل‌مانند زیر را هم داشته باشیم: 'همهٔ موارد B_1 مواردی از P_1اند' و 'همهٔ موارد P_2 مواردی از B_2اند' (قانون اوّل می‌گوید که شرایط فیزیکی ـ شیمیایی از نوع P_1 برای وقوع حالت یا شرط زیستی B_1 لازم است و قانون دوم کفایت شرایط فیزیکی ـ شیمیایی P_2 را برای وقوع حالت یا شرط زیستی

5. Tabun

B_2 بیان می‌کند) در این صورت، به آسانی می‌توان دید که قانون زیستی محضِ 'همهٔ موارد B_1 مواردی از B_2 هستند' (یا 'هر جا که خصوصیات زیستی B_1 رخ دهد خصوصیات زیستی B_2 نیز رخ می‌دهد') را می‌توان از قانون فیزیکی ـ شیمیایی L_P به‌اضافهٔ قوانین مفصل‌مانند به دست آورد.

پس، به طور کلی، میزان تبیین‌پذیری قوانین زیستی برحسب قوانین فیزیکی ـ شیمیایی به میزان استقرار قوانین مفصل‌مانند مناسب بستگی دارد، و در این مورد هم نمی‌توان با استدلالات پیشینی حکم کرد، بلکه پاسخ این پرسش را تنها از راه پژوهشهای زیست‌شناختی و زیست‌فیزیکی به دست می‌توان آورد.

۴.۸ تقریر جدید ساز و کارگرایی

نظریه‌های فیزیکی و شیمیایی و قوانین مفصل‌مانندی که درحال حاضر در دست است البته برای تأویل قوانین زیست‌شناسی به قوانین فیزیك و شیمی کافی نیست، امّا تحقیق در این زمینه به سرعت پیش می‌رود و پیوسته بر گستردگی میدان تعبیر فیزیکی ـ شیمیایی پدیده‌های حیاتی افزوده می‌شود. پس سازوکارگرایی را می‌توان به این صورت تقریر کرد که در جریان تحقیقات علمی در آینده، زیست‌شناسی مآلاً به فیزیك و شیمی تأویل خواهد شد. امّا این بیان هم باید با رعایت احتیاط توأم باشد. ما در بحث خود فرض کرده‌ایم که الفاظ فیزیك و شیمی را از یك سو و الفاظ خاص زیست‌شناسی را از سوی دیگر، کاملاً می‌توان از هم متمایز ساخت؛ و در واقع، اگر یك لفظ علمی را که در حال حاضر به کار می‌رود پیش ما بگذارند، شاید برای ما دشوار نباشد که به نحو شهودی حکم کنیم که آن لفظ به کدام یك از این دو واژگان تعلق دارد، و آیا اصلاً به هیچ یك تعلق دارد. امّا صورتبندی معیارهایی کلّی که به کمك آنها بتوان هر لفظی را که در حال حاضر به کار می‌رود، و نیز هر لفظی را که ممکن است در آینده به وجود آید، به‌واژگان یك رشتهٔ معین نسبت داد، کار بسیار دشواری است و حتی ممکن است دست یافتن به چنین معیارهایی محال باشد. زیرا در جریان پژوهشهای آینده ممکن است مرز میانِ زیست‌شناسی و فیزیك و شیمی، مانند مرز میان فیزیك و شیمی در زمان ما، بیرنگ شود. احتمال زیاد دارد که نظریه‌های آینده بر حسب انواع جدیدی از الفاظ بیان شود، و این الفاظ جزءِ نظریه‌های جامعی باشند که هم پدیده‌هایی را که امروزه زیستی نامیده می‌شوند و هم پدیده‌هایی را که فیزیکی یا شیمیایی می‌نامیم، تبیین کنند. ممکن است

تفکیك واژگان چنین نظریهٔ وحدت بخشی به فیزیکی ـ شیمیایی و زیستی معنی نداشته باشد و مفهوم تأویل نهایی زیست شناسی به فیزیك و شیمی معنی خود را از دست بدهد.

امّا تا تحقق این تحوّل نظری هنوز خیلی مانده است، و تا آن زمان بهترین کار این است که سازوکارگرایی را یك نظریّهٔ خاص دربارهٔ ماهیت فرایندهای زیستی نشماریم، بلکه قاعده‌ای برای رهیابی و اصلی که تحقیق را هدایت می‌کند بدانیم. سازوکارگرایی، به این مفهوم، دانشمند را وا می‌دارد که برجستجوی نظریه‌های فیزیکی ـ شیمیایی برای پدیده‌های زیستی پای بفشارد و به این عقیده که اصول فیزیك و شیمی از تبیین پدیده‌های حیاتی عاجز است، پناه نبرد. پایبندی به این قاعده بی‌گمان در تحقیقات زیست فیزیکی و زیست شناسی پیروزیهای بسیاری به بار آورده است ـ و این امتیازی است که نظر حیاتگرایان دربارهٔ زندگی از آن بی‌بهره است.

۵.۸ تأویل روانشناسی: رفتارگرایی

مسألهٔ تأویل‌پذیری دربارهٔ علومی جز زیست‌شناسی هم طرح شده، و در مورد روانشناسی، به دلیل ربط مستقیمی که با مسألهٔ معروف رابطهٔ جسم و روح دارد، از اهمیت خاصی برخوردار است. نظر تأویل گرایان دربارهٔ روانشناسی، روی هم رفته، از این قرار است که همهٔ پدیده‌های روانی اساساً ماهیت زیستی یا فیزیکی ـ شیمیایی دارند؛ یا به بیان دقیقتر، الفاظ و قوانین خاص روانشناسی را می‌توان به الفاظ و قوانین زیست‌شناسی و شیمی و فیزیك تأویل کرد. مراد از تأویل در اینجا همان است که قبلاً تعریف کردیم، و ملاحظات کلی ما در این مسأله در مورد روانشناسی هم درست است. مثلاً برای «تعریف» تأویلی هر لفظِ روانی لازم است آن شرایط زیستی یا فیزیکیِ ـ شیمیایی که شرایط لازم و کافی برای وقوع آن ویژگی یا حالت یا فرایند ذهنی (مثلاً، هوش، گرسنگی، توهّم، خواب دیدن) به شمار می‌رود، و آن لفظ نمایندهٔ آن است، مشخص شود. و تأویل قوانین روانشناختی مستلزم وجود اصول مفصل مانندی است که شامل الفاظ روانشناختی و نیز الفاظ زیستی یا فیزیکی ـ شیمیایی باشند.

در واقع، قوانینی هست که شرط لازم یا کافی را برای بعضی از حالات روانشناختی بیان می‌کند: محروم کردن کسی از خوردنی یا آشامیدنی یا امکان استراحت برای ایجاد گرسنگی یا تشنگی یا خستگی کافی است؛ دادن بعضی داروها شاید برای ایجاد توهّم کافی باشد؛ وجود پاره‌ای ارتباطات عصبی برای وقوع پاره‌ای احساسها و

ادراکهای بصری لازم است؛ رسیدن اکسیژن کافی به مغز برای فعالیت ذهنی و حتّی برای آگاهی لازم است.

یك دستهٔ بسیار مهم از نشانه‌های زیستی یا فیزیکیِ حالات و رویدادهای روانی رفتار آشکار و مشاهده‌پذیر شخصی است که آن حالات و رویدادها به او نسبت داده می‌شود. این رفتارها را می‌توان شامل جلوه‌هایی که مستقیماً مشاهده پذیراند، مانند حرکات بدن، حالات چهره، سرخ شدن، عباراتی که به زبان می‌آید، انجام دادن کارهای معین (به صورتی که در آزمونهای روانی مورد نظر است)، و نیز پاسخهای ظریفتری چون تغییرات فشارخون و ضربان قلب، رسانایی [الکتریکی] پوست و ترکیب شیمیایی خون دانست. مثلاً خستگی ممکن است به صورت برزبان آوردن عبارات معین (مثل: «خسته‌ام») یا کاهش سرعت و کیفیت انجام دادن بعضی کارها، یا خمیازه کشیدن، و یا تغییرات فیزیولوژیکی جلوه کند؛ برخی از فرایندهای عاطفی با تغییراتی در مقاومت ظاهری پوست همراه است، و این چیزی است که «دروغ سنج» اندازه می‌گیرد؛ سلیقه و اعتقادات فرد از پاسخی که او هنگام مواجهه با راههای مختلف می‌دهد و اعتقادات او از عباراتی که از او بیرون می‌توان کشید و نیز از نحوهٔ عمل او معلوم می‌شود ـ مثلاً اعتقاد راننده به بسته بودن راه اصلی را می‌توان از اینجا فهمید که راه فرعی را برمی‌گزیند.

بعضی از انواع رفتارهای «آشکار» (یعنی مشاهده‌پذیر برای همگان)ی که اشخاص در حالات خاص یا در صورت دارا بودن خصوصیات ویژهٔ روانی، معمولاً در وضعیتهای آزمونی یا در پاسخ به محرکهای مناسب از خود نشان می‌دهند، در روانشناسی به عنوان ملاك عملیاتی برای پی بردن به وجود حالت یا خصوصیت روانی مورد بحث به کار می‌رود. برای سنجش هوش یا درونگرایی، وضعیت آزمونیْ دادن پرسشنامهٔ مناسب به شخصِ مورد بررسی است، و پاسخ عبارت از جوابهایی است که او می‌دهد. شدّت سائق گرسنگی در جانوران به صورت ویژگیهای رفتاریی چون ترشّح بزاق، شدّت شوك الکتریکی که جانور در راه رسیدن به غذا تحمل می‌کند، یا مقدار غذایی که می‌خورد، متجلی می‌شود. تا آن حد که بتوان محرکها و پاسخها را برحسب الفاظ زیست‌شناختی یا فیزیکی ـ شیمیایی وصف کرد، می‌توان گفت که ملاکهایِ حاصل، بخشی از معنی عبارات روانشناختی را برحسب واژگان زیست‌شناسی و شیمی و فیزیك تعیین می‌کند. امّا این ملاکها، هر چند معمولاً تعریف عملیاتی خوانده

می‌شوند، در واقع شرطهای لازم و کافی را برای الفاظ روانشناختی تعیین نمی‌کنند؛ و وضع از لحاظ منطقی شبیه وضعی است که هنگام بررسی نسبت الفاظ زیستی با واژگان فیزیك و شیمی دیدیم.

رفتارگرایی مکتب فکری پرنفوذی است در روانشناسی که در همهٔ صورتهای گوناگونش اساساً روشی تأویل‌گرا دارد؛ و به هرحال، می‌کوشد که گفتگو دربارهٔ پدیده‌های روانی را به گفتگو دربارهٔ پدیده‌های رفتاری تأویل کند. یکی از صورتهای رفتارگرایی که به مسألهٔ آزمون‌پذیری همگانی و عینی نظریه‌ها و فرضیه‌های روانشناختی و اطمینان یافتن از آن توجه خاص دارد، اصرار دارد که برای همهٔ الفاظ روانشناختی باید ملاکهای روشن و مشخصِ کاربرد، برحسب الفاظ رفتاری، وجود داشته باشد و نیز فرضیه‌ها و نظریه‌های روانی باید نتایج آزمودنیی داشته باشند که موضوع آنها رفتارهای مشاهده‌پذیر باشد. این مکتب فکری بویژه هر نوع اتکاء به شیوه‌هایی چون درون‌نگری را، که هر کس تنها خود می‌تواند در بررسی جهان ذهنی خود به شیوهٔ پدیده‌نگرانه به کار گیرد، مردود می‌شمارد؛ و پدیده‌های «خصوصی» روانی ـ مانند احساسها، امیدها و ترسها ـ را که محصول این نوع روشها شمرده می‌شوند جزءِ داده‌های روانی قبول ندارد.ارد.

هر چند رفتارگرایان در اصرار بر اینکه برای خصوصیات و حالات و رویدادهای روانی باید ملاکهای عینی رفتاری وجود داشته باشد، همسخن‌اند، در این مسأله که آیا پدیده‌های روانی از پدیده‌های رفتاری نظیر خود، که غالباً بسیار ظریف و پیچیده‌اند، متمایزاند؛ آیا پدیده‌های رفتاری فقط تظاهر بیرونی پدیده‌های روانی‌اند؛ و آیا پدیده‌های روانی را می‌توان با ویژگیها و حالتها و رویدادهای پیچیدهٔ رفتاری یکی دانست، و آیا این یکسان بودن معنی روشنی دارد یا نه،اختلاف نظر دارند یا اصلاً نظری ندارند. پیروان یکی از نحله‌های جدید رفتارگرایی، که تأثیر شدیدی بر تحلیل فلسفی مفاهیم روانی داشته است، معتقداند که الفاظ روانشناختی هر چند به ظاهر از حالات ذهنی و از فرایندهایی که «در ذهن» می‌گذرد سخن می‌گویند در واقع جز وسیله‌ای برای سخن گفتن از جلوه‌های کم و بیش پیچیدهٔ رفتار نیستند ـ بخصوص از تمایل و استعداد بروز دادن رفتارهای خاص در شرایط معین سخن می‌گویند. براساس این نظر، وقتی می‌گوییم فلانی با هوش است منظورمان این است که او معمولاً به شیوهٔ معینی عمل می‌کند، یا استعداد عمل به شیوهٔ معینی را دارد ـ یعنی به شیوه‌ای که معمولاً آن را عمل

هوشمندانه در آن شرایط می‌شماریم. وقتی می‌گوییم فلانی روسی می‌داند البته منظورمان این نیست که او همیشه عبارات روسی بر زبان می‌راند، بلکه منظور این است که او از عهدهٔ رفتارهای خاصی برمی‌آید که در شرایط ویژه‌ای جلوه می‌کند، و این رفتارها مخصوص کسانی است که روسی می‌فهمند و روسی حرف می‌زنند. به فکرِ مردم بودن، دوستدار موسیقی بودن، شریف بودن، فراموشکار بودن، دیدن چیزهای بخصوص و داشتن آرزوهای خاص ـ به همهٔ اینها می‌توان به این چشم نگاه کرد. و به اعتقاد پیروان این نحله از رفتارگرایی، وقتی که به این پدیده‌ها به این چشم نگاه کنیم گریبانمان از چنگ جنبهٔ گیج کنندهٔ مسألهٔ ذهن و جسم رها می‌شود: دیگر جستجو برای یافتن «شبح داخل ماشین»[6]، جستجو برای یافتن موجودات و فرایندهای روانیی که پشت نمایِ جسمانی وجود دارند و رخ می‌دهند، معنی ندارد. اگر ساعتی وقت را خیلی خوب نشان بدهد می‌گوییم که دقت زیادی دارد؛ دقت زیاد آن مترادف با این است که وقت را خیلی خوب نشان می‌دهد. پس نه معنی دارد که بپرسیم عامل غیرجسمانیِ دقت چگونه در سازوکار ماشین مؤثر واقع می‌شود، و نه معنی دارد که بپرسیم وقتی ساعت کار نمی‌کند بر سر دقّت چه می‌آید. به همین قیاس، به اعتقاد این نحله از رفتارگرایان، پرسش از نحوهٔ تأثیر رویدادها یا خصوصیات ذهنی در رفتار موجودات زنده، پرسشی بی‌معنی است.

این نظر، که در روشن کردن نقش مفاهیم روانشناختی سهم عظیمی داشته، آشکارا رنگ رفتارگرایانه دارد، زیرا مفاهیم روانشناسی را شیوه‌های مؤثر و مناسبی برای سخن گفتن از الگوهای پیچیدهٔ رفتاری می‌داند. امّا براهینی که این نظر بر آنها استوار است ثابت نمی‌کند که همهٔ مفاهیم روانشناسی بالفعل برحسب مفاهیم غیرروانی ـ از آن نوع مفاهیمی که برای توصیف رفتارها و تمایلات رفتاریِ آشکار لازم است ـ تعریف‌پذیراند. این امر دست کم دو دلیل دارد. اوّلاً به هیچ وجه معلوم نیست که مثلاً همهٔ وضعیتهایی را که شخص وقتی در آنها قرار گیرد می‌تواند «هوشمندانه عمل کند»، و همهٔ انواع رفتار را که هر کدام در یکی از این وضعیتها عمل هوشمندانه محسوب

---

۶. این تعبیر از گیلبرت رایل (Gilbert Ryle) است که در کتاب پرنفوذ و جالبش *The Concept of Mind* (London: Hutchinson, 1949)، به تفصیل نظریه‌ای را دربارهٔ پدیده‌های روانی و عبارات روانی طرح می‌کند که به معنایی که گفتیم رفتارگرایانه است.

می‌شود، بتوان در داخل یك تعریف دقیق و کاملاً صریح جای داد. ثانیاً چنین به نظر می‌آید که شرایط تظاهر کردن هوش یا شجاعت یا کینه به صورت رفتارهای آشکار، و نحوهٔ این تظاهر، را نمی‌توان برحسَب یك «واژگان رفتاری محض» بیان کرد که فقط شامل الفاظ زیستی و شیمیایی و فیزیکی و نیز عبارات غیراصطلاحی زبان عادی مانند 'سرتکان دادن'، 'دست دراز کردن'، 'شکلك در آوردن'، 'دهن کجی کردن'، 'خندیدن' و نظایر آن باشد. بلکه به‌نظر می‌آید که برای مشخص کردن آن نوع الگوهای رفتاری، یا تمایلات و استعدادهای رفتاری، که الفاظی چون 'خسته' و 'با هوش' و 'روسی‌دان' ظاهراً بر آنها دلالت دارند، به الفاظ روانشناختی هم نیازداریم. زیرا حکم کردن دربارهٔ اینکه رفتار آشکار کسی هوشمندانه یا شجاعانه یا کلّه‌خرانه یا مؤدبانه یا بی‌ادبانه است، تنها به‌واقعیات مربوط به وضعیتی که رفتار در آن صورت می‌گیرد بستگی ندارد، بلکه به اطلاّعی که آن شخص از آن وضعیت دارد، یا اعتقادی که دربارهٔ آن وضعیت دارد، نیز وابسته است؛ و این وابستگی اهمیت بسیار دارد. شخصی که با قامت افراشته به طرف بیشه‌ای می‌رود که در آن شیر گرسنه‌ای کمین کرده است، اگر به وجود شیر در بیشه معتقد (و از آن باخبر) نباشد، اسم کارش را شجاعت نمی‌توان گذاشت. به همین نحو، هوشمندانه خواندن یا نخواندن اعمال شخص در شرایط معین، وابسته به *اعتقادی* است که دربارهٔ آن شرایط دارد و اهدافی که *می‌خواهد* با آن اعمال به آن دست یابد. پس معلوم می‌شود که برای مشخص کردن الگوهای رفتاری و تمایلات و استعدادهایی که مرجع الفاظ روانشناختی است، گذشته از یك واژگان رفتاری مناسب، به الفاظ روانشناختی هم نیاز داریم. هر چند البته این نکته ثابت نمی‌کند که تأویل الفاظ روانشناختی به واژگان رفتاری محال است، امّا نشان می‌دهد که آن نوع تحلیلی که در بالا بررسی کردیم امکان چنین تأویلی را ثابت نمی‌کند.

علم دیگری که روانشناسی را مآلاً قابل تأویل به آن دانسته‌اند فیزیولوژی و بخصوص فیزیولوژی اعصاب است؛ امّا در این مورد هم تأویل کامل، به معنایی که قبلاً گفتیم، منظره‌ای است که حتی در دوردست هم نمایان نیست.

مشکلات تأویل‌پذیری در مورد علوم اجتماعی نیز، بویژه با توجه به نظریهٔ فردگرایی روش‌مند طرح می‌شود.[7] براساس این نظریه همهٔ پدیده‌های اجتماعی را

۷. بحث روشنی دربارهٔ این نظریه در کتاب زیر هست:
E. Nagel, *The Structure of Science*, pp. 535-46.

باید برحسب وضعیت افرادی که در آن پدیده‌ها دست دارند، و از راه ارجاع به قوانین و نظریه‌های مربوط به رفتار فردی، توصیف و تحلیل و تبیین کرد. در توصیف «وضعیت» شخص باید انگیزه‌ها و اعتقادات و نیز حالت فیزیولوژیکی و عوامل مختلف زیستی و شیمیایی و فیزیکی محیط او را در نظر گرفت. پس می‌توان گفت که نظریهٔ فردگرایی روش‌مند مستلزم آن است که مفاهیم و قوانین خاص علوم اجتماعی (به معنی وسیع آن، که روانشناسی گروهی و نظریهٔ رفتار اقتصادی و امثال آن را هم شامل می‌شود) را می‌توان به مفاهیم و اصول روانشناسی فردی و زیست‌شناسی و شیمی و فیزیك تأویل کرد. بررسی مسائلی که از این ادعا برمی‌خیزد از حوصلهٔ این کتاب خارج است. این مسائل به فلسفهٔ علوم اجتماعی تعلق دارد، و یادکردن از آنها در اینجا فقط برای این است که مثال دیگری از مسألهٔ تأویل‌پذیری نظری آورده باشیم و نمونه‌ای از شباهتهای فراوانی که از لحاظ منطق و روش‌شناسی میان علوم طبیعی و علوم اجتماعی هست به دست داده باشیم.

واژه‌نامه

آزمایش	experiment
آزمایش بیسامان	random experiment
آزمایشگری	experimentation
آزمودن	testing
آزمون	test
آزمون آزمایشی	experimental test
آزمون‌پذیر	testable
آزمون‌پذیری	testability
آزمون غیرآزمایشی	nonexperimental test
آزمونگری	testing
آشکار	overt
آماری	statistical

ابداع	invention
ابطال	disconfirm (to)
ابطال‌پذیر	falsifiable
ابطال‌کردن	falsify (to)
اثبات	proof
اثیر	ether
احتمال	probability
احتمال استقرایی	inductive probability
احتمال منطقی	logical probability
اختلاف منظر	parallax
اختلالزا	disturbing
ارتفاع‌سنج	altimeter
از لحاظ نظری	in principle
استخراج کردن	derive (to)
استدلال استقرایی	inductive argument
استدلال تبیینی	explanatory argument
استدلال قیاسی	deductive argument
استقراء	induction
استلزام	implication
استلزام احتمالی	probabilistic implication
استلزام مادّی	material implication
استنتاج استقرایی	inductive inference
استنتاج قیاسی	deductive inference
اصطلاح، لفظ	term
اصل درونی	internal principle
اصل رابط	bridge principle
اصل زوجیّت	principle of parity
اصل کلی	general principle
اصل مفصل مانند	connecting principle

اصل موضوع	axiom
اصل موضوعی	axiomatic
اعتبار	credibility
اعتبارسنجی	validation
الگوی رفتاری	behavioral pattern
اقتصاد در مفاهیم	economy of concepts
امتیاز هنری	aesthetic merit
امر واقع	fact
انتقال به سرخ	red-shift
اندازه‌گرفتنی	measurable
اندراج	subsumption

برانگیخته	excited
بسامد	frequency
بسامد نسبی	relative frequency
بیان	account
بیان	formulation
بیزاری از خلأ	*horror vaccui*
بیشینه	maximum
بیگانگی	strangeness

پاسخ	response
پدیدارشناسانه	phenomenalistic
پدیدهٔ تبیین‌خواه	explanandum phenomenon
پدیدهٔ کلان	macrophenomenon
پرتابه	projectile
پسگویی	retrodiction
پشتیبانی	support
پشتیبانی استقرایی	inductive support
پشتیبانی نظری	theoretical support
پیشگوئی	prediction
پیشینی	*a priori*
پیمایش	survey
پی‌آمد	outcome
تابع	function
تأویل	reduction
تأویل به آشنا	reduction to the familiar
تأیید	corroboration
تأیید	confirmation
تأییدشدگی	confirmation
تبیین	explanation
تبیین احتمالی	probabilistic explanation
تبیین‌خواه	explanandum
تبیین قیاسی- قانونی	deductive-nomological explanation
تبیین‌گر	explanance
تجربی	empirical
ترکیب عطفی	conjunction
تعبیر آماری احتمال	statistical interpretation of probability
تعبیرگر	interpretative
تعریف به مصادیق	extensional definition
تعریف تحلیلی	analytic definition
تعریف صریح	explicit definition
تعریف ضمنی	contextual definition
تعریف عملیاتی	operational definition
تعریف وصفی	descriptive definition
تعریف وضعی	stipulative definition
تنظیم خودبه‌خود	self-regulation
توصیف	description
جا دادن منحنی	curve fitting
جاذبهٔ گرانشی	gravitational attraction
جرم گرانشی	gravitational mass
جرم لختی	inertial mass
جعبهٔ سیاه	black box
جملهٔ تبیین‌خواه	explanandum sentence
جملهٔ تعبیرگر	interpretative sentence
جمله‌های تبیین‌گر	explanance sentences

حوزهٔ مصادیق	extension
حیاتگرایی جدید	neovitalism
خُرد	microscopic
خُرده پدیده	microphenomenon
خُرده ساختار	microstructure
خروجی	output
خورشیدمرکزی	heliocentric
خوشهٔ مدوّر	globular cluster
داده‌ها	data
درجهٔ ابطال‌پذیری	degree of falsifiability
درجهٔ تأییدشدگی	degree of confirmation
درجهٔ سادگی	degree of simplicity
درک، فهم	understanding
درونگرایی	introversion
درون نگری	introspection
دستگاه	system
رده‌ای	classificatory
رشتهٔ قانون	nomic thread
رفتار آشکار	overt behavior
رفتارگرایانه	behavioristic
رفتارگرایی	behaviorism
رفتاری	behavioristic
رفع تالی	*modus tollens*
روانشناختی	psychological
روانی	psychological
روش فرضیه‌سازی	the method of hypothesis
رویداد	event
زبان الگو	model language
زمین مرکزی	geocentric
زیر اتمی	subatomic
زیست شناختی	biological
زیستی	biological
ساخت	structure
سادگی	simplicity
سازوکار	mechanism
سازوکارگرایی	mechanism
سائق	drive
ستارهٔ متغیر	variable star
ستاره‌های دوگانه	double stars
سطح انرژی	energy level
سکّهٔ منصف	fair coin
شأن وجودی	status
شاهد	evidence
شبکهٔ نظری	theoretical network
شرط همخوانی	requirement of consistency
شرطی	conditional
شقّ	alternative
شکنندگی	brittleness
شواهد	evidence
شواهد پشتیبان	supporting evidence
شواهد مؤیّد	confirmatory evidence
صُلب	rigid
صُورَتبَندی	formulation
صورت منطقی	logical form
صوری	formal
طول بساویدنی	tactile length
طول نوری	optical length
طیف گسیلی	emission spectrum
علّت و معلولی	causal
علم	science
عِلّی	causal

علی‌الاصول	in principle
عمل آزمونی	testing operation
عینیّت	objectivity
غایت	teleology
فرابنفش	ultraviolet
فرایند بیسامان	random process
فرایند کلان	macroprocess
فردگرایی روش‌مند	methodological individualism
فرض کمکی	auxiliary assumption
فرضیه	hypothesis
فرضیهٔ آماری	probabilistic hypothesis
فرضیهٔ کاری	working hypothesis
فرضیهٔ کمکی	auxiliary hypothesis
فرضیهٔ موردی	*ad hoc* hypothesis
فرضیه‌نما	pseudohypothesis
فروپاشی	decay
فروسرخ	infrared
فرایند	process
فضای فاز	phase space
فلسفهٔ تحلیلی	analytic philosophy
فن	technology
فهم	understanding
فیزیکی ـ شیمیایی	physico-chemical
قانون فراگیرنده	covering law
قانون کلّی	universal law
قانونمند	lawful
قَدر	magnitude
قضیهٔ شرطی التزامی	subjunctive conditional
قضیهٔ شرطیِ خلاف واقع	counterfactual conditional
قضیهٔ شرطی فرضی	hypothetical conditional
قضیهٔ کلی اتّفاقی (عرضی)	accidental generalization
قضیهٔ کلی تجربی	empirical generalization
قیاس	deduction
قیفاووسی	Cepheid
کاوه	probe
کش‌آیند	elastic
کشف	discovery
کشند	tide
کشندی	tidal
کلان	macroscopic
کمال	entelechy
کَمّی	quantitative
گرانروی	viscosity
گرانش	gravitation
گَرده	schema
گزاره	statement
گزارهٔ مَفْصَل مانند	connective statement
گسسته	atomistic
گسسته	discrete
گسیل	emission
گمان‌زنی	guessing
لفظ	term
لفظ بَدوی	primitive term
لفظ مقدم بر نظریه	pretheoretical term
لفظ نظری	theoretical term
ماکروسکوپی	macroscopic
مانعةالجمع	mutually exclusive
متساوی‌الامکان	equipossible

متغیّر	varialbe
متغیر وابسته	dependent variable
محتوای تجربی	empirical content
محیط	medium
مزونِ پی	pi-meson
مسأله	problem
مساعد	favorable
مشاهده	observation
مشاهده‌پذیر	observable
مشاهده کردنی	observable
مشاهده‌ناپذیر	unobservable
مشتق کردن	derive (to)
مضمون تجربی	empirical import
معتبر	valid
مُعَرَّف	*definiendum*
مُعَرِّف	*definiens*
معرفت علمی	scientific knowledge
معنی نظم‌بخش	systematic import
مغالطهٔ وضع تالی	fallacy of affirming the consequent
مفهوم‌سازی	concept formation
مفهوم نظری	theoretical concept
مکتب عملیاتی	operationalism
ملاك عملیاتی	operational criterion
ملأ گرا	plenist
مناسبت تبیینی	explanatory relevance
مناسب و مربوط	relevant
منحنی هموار	smooth curve
مواضعه	stipulation
موجَز	elliptical
موجود نظری	theoretical entity
میتوز	mitosis
میکروسکوپی	microscopic
نتیجهٔ آزمودنی	test implication
نتیجهٔ آزمونی	test result
نشانه	indicator
نظام	system
نظریه	theory
نظریه‌پردازی	theorizing
نظم	uniformity
نظم‌بخشی	systematization
نقطه ـ داده	data-point
نمادین	symbolic
نمونه	instance
نیروی حیاتی	vital force
واژگان	vocabulary
واقعیات مشهود	observed facts
واقعیت	fact
ورودی	input
وسیلهٔ تجسّس	heuristic device
وضعیت آزمونی	test situation
هدفداری آلی	organic directiveness
هم‌احتمال	equiprobable
همبسته	interconnected
همپایگی	parity
همزمانی	simultaneity
هموار	smooth
'یا'ی غیرمانعةالجمع	nonexclusive 'or'
یقین عُرفی	practical certainty
یقین عقلی	deductive certainty
یکنواختی	uniformity

فهرست راهنما